Experimentelle Studien über die Anpassung von Wasser- und Sumpfmoosen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

genehmigt von der Philosophischen Fakultät

der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Elsa Zastrow

aus Berlin-Charlottenburg

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 1932

Tag der Promotion: 17. Oktober 1934

Jena

Gustav Fischer

1934

506

Experimentelle Studien über die Anpassung von Wasser- und Sumpfmoosen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

genehmigt von der Philosophischen Fakultät

der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Elsa Zastrow

aus Berlin-Charlottenburg

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 1932

Tag der Promotion: 17. Oktober 1934

Jena

Gustav Fischer

1934

Referenten: Prof. Dr. Kolkwitz

Prof. Dr. Diels

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Abdruck aus

„Pflanzenforschung“

Herausgegeben von Prof. Dr. R. Kolkwitz, Berlin-Dahlem

Heft 17

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Vorbemerkungen.

Vorliegende Arbeit wurde in der Biologischen Abteilung der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Dahlem ausgeführt.

Herrn Prof. Dr. Kolkwitz, auf dessen Anregung hin sie entstand, sage ich an erster Stelle für seine stets freundliche Anteilnahme, viele Anregungen und fördernde Ratschläge im Verlauf der Arbeit meinen wärmsten Dank.

Herrn Geheimrat Prof. Dr. Beninde, dem Präsidenten der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, erlaube ich mir, ergebenst für freundliche Gewährung eines Arbeitsplatzes im oben genannten Institut zu danken.

Seit dem Beginn der Untersuchungen unterstützte mich Herr Loeske in freundlichster und hilfsbereitester Weise durch zahlreiche Exkursionen, Bestimmungen unsicherer Formen und Literaturangaben bei ihrer Durchführung, besonders während der Tropenreise des Herrn Prof. Dr. Kolkwitz. Ich danke ihm dafür herzlichst. Zu großem Dank für freundliche Ratschläge und Probematerialübersendung bin ich ferner den Herren Dr. Bethge, Freiberg, Hintze und Dr. Schömmer verpflichtet.

Schließlich danke ich vielmals allen denen, die mich in freundlichster Weise bei der im Winter oft schwierigen Materialbeschaffung unterstützt haben.

Herrn Dr. Fischer spreche ich hiermit für die vorzügliche Ausstattung dieser Arbeit meinen besten Dank aus.

Berlin, den 11. Oktober 1933.

Elsa Zastrow.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550815_0128

Inhalt.

Seite

1. Einleitung 1
2. Kulturmethoden 2
   a) Kulturgefäße und -plätze 2
   b) Störende Algenentwicklung und deren Bekämpfung 3
   c) Kulturflüssigkeiten 5
   d) Rückkulturen 10
3. Chemische Untersuchungsmethoden 11
4. Kulturen im Freien 13
5. Wasserkulturen der einzelnen Spezies 21
   Fissidens adiantoides 21
   Octodiceras Julianum 26
   Bryum pseudotriquetrum = ventricosum 27
   Bryum bimum, Bryum neodamense 30
   Cinclidotus aquaticus 31
   Cinclidium stygium 32
   Aulacomnium palustre 33
   Aulacomnium androgynum 36
   Paludella squarrosa 39
   Philonotis fontana 41
   Fontinalis antipyretica 42
   Climacium dendroides 45
   Amblystegium serpens 46
   Amblystegium riparium 47
   Drepanocladus vernicosus, Drepanocladus uncinatus 47, 48
   Drepanocladus lycopodioides 48
   Drepanocladus aduncus, Kneiffii 50
   Drepanocladus fluitans, Drepanocladus exannulatus 50
   Calliergon cuspidatum 52
   Calliergon giganteum 53
   Calliergon cordifolium 54
   Calliergon stramineum 55
   Scorpidium scorpidioides 55
   Hylocomium squarrosum, Plagiothecium denticulatum 56, 57
   Camptothecium trichodes 58
   Brachythecium rivulare 59
   Eurhynchium Stokesii 61

Seite

6. Einfluß chemischer Faktoren 61
Wasserstoffionenkonzentration 61
Kohlensaurer Kalk 62
Eisensalze 62
Gelöster Sauerstoff 63
Schwefelwasserstoff, Gelöste Kohlensäure, Chloride 63
7. Einfluß physikalischer Faktoren 64
Wärme 64
Licht 64
8. Zusammenfassung 65
9. Literaturverzeichnis 66

Experimentelle Studien über die Anpassung von Wasser- und Sumpfmoosen.

1. Einleitung.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, eine Übersicht verschiedener, häufig vorkommender Moose in ihrer Wasserform zu geben und möglichst die Beziehungen der festgestellten Veränderungen durch das Wasser zu dessen physikalischer und chemischer Beschaffenheit zu klären.

Es ist bekannt, daß fast alle Moose dazu neigen, sich in der Feuchtigkeit zu verändern. Wichtig ist dabei, daß die Entwicklung in bestimmten, sehr wesentlichen Punkten bei gleichen und konstanten Außenbedingungen einheitlich verläuft.

Zu den von mir angestellten Versuchen wählte ich in erster Linie solche Laubmoose, die bei natürlichen Bedingungen nicht unter Wasser wachsen oder deren mögliche Wasserform nicht als ihre „Normalform" anzusprechen ist. Als „Normalform" bezeichne ich im weiteren im Gegensatz zu den submers gewachsenen Pflanzen, der „Wasserform", die Land- oder Trockenpflanzen, die sich an den natürlichen Standorten finden. Freilich sind diese Orte für alle meine Kulturobjekte in der Regel feucht. Werden die Moose aber, z. B. durch hohen Wasserstand, dazu gezwungen, im Wasser weiter oder wenigstens durch dieses hindurch zum festen Untergrund hin zu wachsen, so treten immer tiefgreifende Veränderungen ein: Es wechselt der äußere Habitus, die Wuchsform, ferner Blatt- und Zellbau.

Auf Grund der vielen von mir angestellten Kulturen und meiner Beobachtungen daran, möchte ich die Behauptung aussprechen, daß die meisten aller feuchtlebenden Moose als „Amphibiobryales" (wie Mönkemeyer es nennt), zu bezeichnen sind. Sie besitzen nicht nur die Fähigkeit, durch ein geeignet zusammengesetztes Wasser weitgehendst umgestaltet zu werden, ohne dadurch eine Schädigung zu erfahren, sondern die submers gewachsenen Sprosse sind auch so lebenskräftig und entwicklungsfähig, daß es der Kultur immer gelingt, daraus eine völlig normale „Trockenform" zu erzielen. Ich sehe es als einwandfreiestes Kriterium auf die Lebensfähigkeit eines Wassersprosses an, wie er sich in der Trockenkultur verhält. Später werde ich zeigen, daß solche „Rückkulturen" in beiden Richtungen, also aus dem Feuchten ins Trockene und umgekehrt, bei verschiedenen Formen ziemlich beliebig oft möglich sind. — Die Merkmale sind bei beiden Fällen vom anderen Medium nicht mehr vorhanden, die Sprosse aus diesem gehen nach Bildung neuer schnellstens zugrunde. Diese „Rückkulturen" bilden den besten Weg, um festzustellen,

ob ein benutztes Kulturmedium hinsichtlich seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit geeignet für die betreffenden Objekte war. Denn nach einfacher Beobachtung mit dem bloßen Auge neigt man dazu, die oft recht schwächlich und kraftlos erscheinenden Wassersprosse für überhaupt nicht oder doch nur für beschränkt lebensfähig zu erklären. Das ist aber in vielen Fällen durchaus unrichtig, hängt oft nur von bestimmten, chemischen und physikalischen Faktoren ab, ohne Schädigung zu bedeuten. Aus der Natur sind uns solche Formen ja geläufig. Ich erinnere nur an das allgemein bekannte Verhalten von *Drepanocladus aduncus-Kneiffii*, das oft eine Massenvegetation von dünnen Fäden bildet, die aber trotz ihres schlaffen, unscheinbaren Aussehens sehr entwicklungsfähig sind. Andere Formen desselben Mooses sind bei veränderten Bedingungen wieder kräftiger und tragen weniger unscheinbare Blätter. Ähnlich verhalten sich auch andere Moose, und es entsteht zwangsläufig der große, verwirrende Formenreichtum, der schon von dem Begriff „Moos" untrennbar ist. So kann man nie von einer Wasserform sprechen, in der Annahme, daß diese sich unter Wasser immer bilden muß und in solcher Umgebung abwandlungsunfähig sei. Unter dem Einfluß verschiedener Faktoren entstehen wesentlich verschiedene Pflanzen; allen diesen Formen sind gewisse Eigenschaften gemeinsam, die sich bei der gleichen Moosspezies in den verschiedensten Flüssigkeiten einstellen. Es ergibt sich also, wenn ich von der „Wasserform" der Moose spreche, für diese eine feste Summe bestimmter Merkmale, die ich fixieren kann und immer wieder erwarten darf, ebenso aber immer andere, die als Variable offenbleiben müssen, und deren Ausgestaltung dann einen Schluß auf die Natur der Umgebung zuläßt, der eine beträchtliche Sicherheit besitzt. Da nun, wie ich später zeigen werde, die Säurenatur des Standortes für die Ausbildung dieser Variablen der wichtigste, maßgebende Faktor ist, gehört zu der korrekten Angabe eines feuchten Moosstandortes mindestens pH.

2. Kulturmethoden.

a) Kulturgefäße und -plätze.

Zur Kultur benutzte ich gegen 30 cm hohe, runde Glasgefäße von 5—6 Liter Inhalt, in deren jedem nicht zu viele Pflanzen bei möglichst guter Belichtung unter Wasser gehalten wurden. Alle Moose steigen leicht zur Wasseroberfläche auf, um erst von dort Sprosse in die Luft zu senden. Sie benutzen dann die von alten Pflanzen und dichten Algenwatten gebildete Fläche gewissermaßen als Untergrund, wie etwa eine Art festen Boden, und die neuen, sehr zahlreichen Sprosse sind wohl etwas lichter grün, sonst aber der Normalform durchaus ähnlich. Um das zu verhindern, bog ich in der Flamme feine Glasnadeln, mit denen ich die Pflanzen, ohne sie zu verletzen, am Untergrunde festhalten konnte.

Liegen die Objekte im Kulturgefäß auch nur wenig zu dicht, so gehen sie in sehr kurzer Zeit in vollkommene Zersetzung über. Möglichst direkter Lichtzutritt zu jeder Pflanze ist wichtig. Moosrasen müssen immer zerteilt werden, und zwar nicht in Büschel, sondern in Einzelpflanzen, denn, wird ein ganzer

Rasen mit der naturgemäß daran haftenden Erde ins Wasser versenkt, so befördert das unter starker Schwefelwasserstoffentwicklung eine Schlammbildung, die das Wachstum anfangs beträchtlich hemmt, (Vergleichskultur), später ganz verhindert. Einen solchen Rasen von etwa 20 cm Durchmesser fand ich, vom natürlichen Standort abgelöst und nach einer kleinen Steigung des Wasserspiegels mitgetragen, später herabgesunken. Schon nach 4 Tagen war er von einem unentwirrbaren Geflecht verschiedenster Fadenalgen überzogen, die einer Weiterentwicklung im höchsten Maße störend entgegentraten. Sogar die Pseudopodien — es handelte sich um *Aulacomnium androgynum* — waren isoliert nicht mehr zur Bildung neuer Pflanzen fähig und starben bald ab.

An normalen Zimmerfenstern ließen sich Kulturen nicht mit Erfolg durchführen. Schon nach unverhältnismäßig kurzer Zeit starben die Pflanzen unter starker Chlorophyllreduktion ab. (So in einem Raum des Jagdschlosses Grunewald und im Laboratorium im Rathaus Charlottenburg.) Als wesentlich günstiger erwies sich ein geräumiges Atelierfenster in der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Dies war, seiner Lichtfülle wegen, ähnlich wie ein Gewächshaus, der erste Platz, der mir bei gleichzeitig angesetzten Kulturen unter natürlichen Bedingungen, den sogenannten „Rückkulturen" (meist auf Erde, die vom Standort entnommen war), keine chlorophyllarmen, fadenförmigen, sondern normal gewachsene Trockenformen lieferte. Erst dadurch ließ sich erkennen, welche Veränderungen sich wirklich auf eine „Wasserscheu" der betreffenden Moose zurückführen ließen. Bei Lichtmangel entstehen ja oft auch in der Trockenkultur dünne, nur blaßgrüne Moose, die weit voneinander entfernte, winzige Blätter tragen. Nur selten gedeihen diese Formen später, nach Aufhebung des Lichtmangels, noch weiter. Das bedeutet einen grundlegenden Unterschied zu der kräftigen Wasserform, die man, wie ich schon erwähnte, beliebig oft rückkultivieren kann.

b) Störende Algenentwicklung und deren Bekämpfung.

In der Kultur zeigte sich sehr leicht eine Veralgung, die schon nach kurzer Zeit folgende Organismen enthielt: Stichokokken, Ulotrichalen, fädige Konjugaten, schließlich aber auch Blaualgen, die als dichte Decke die Kultur überzogen und durchwucherten. Dabei handelte es sich um *Oscillatoria*, seltener traten *Anabaena*, *Nostoc* oder andere auf. Einer Massenentwicklung von Ulotrichalen läßt sich noch verhältnismäßig leicht durch Umlegen der Moose nach starkem Abspülen entgegenwirken. Blaualgen aber umwuchern die Einzelpflanzen so fest, daß dagegen kein Mittel mehr hilft. Nach dem Auftreten von Schizophyceen sind die neugebildeten Moossprosse meist fadenförmig und dünn, nur selten noch lebensfähig. Das habe ich im Sommer 1931 auch häufig in der Natur, in Moortümpeln z. B., beobachtet. Daher pflegte ich Kulturen schon bei Spuren von Blaualgen zu verwerfen. Diese „Veralgung" war eine der größten Schwierigkeiten, die ich bei meinen Kulturversuchen zu überwinden hatte.

In den Wintermonaten November und Dezember 1930 wie auch in der ersten Hälfte des Januar 1931 entwickelten sich meine Kulturen normal. Die

ersten Anzeichen des Frühlings machten sich in einer akut einsetzenden Veralgung bereits gegen das Ende des Januar bemerkbar. Alle Kulturen ohne Ausnahme waren davon betroffen. Die Gefäße bedeckten sich mit einer Kahmschicht von *Stichococcus minor* und *Stichococcus mirabilis*, auch die Wände überzogen sich damit. Die Entstehung eines solchen dichten Überzuges konnte in ganz kurzer Zeit, in 2—3 Tagen, vor sich gehen. Kräftiges Durchspülen entfernte ihn natürlich nur zum Teil, sehr bald trat er wieder auf. Daran schloß sich eine lebhafte Fadenalgenentwicklung, und zwar, wie schon oben bemerkt, zuerst von Grün-, dann von Blaualgen. Die Algenarten waren keineswegs für die einzelnen Moosspezies charakteristisch, sondern traten in gleicher Weise in allen Kulturen auf. Die Reihenfolge der überwiegenden Menge war, immer gleichbleibend, folgendermaßen:

Stichococcus minor
„ *mirabilis* } Kahmhaut.
Oedogonium, seltener *Microspora* und andere Ulotrichalen.
Konjugaten, und zwar: *Spirogyra* in kleineren Formen: häufig.
Mougeotia: selten.
Diese dringen zunächst zwischen die Moosrasen ein, es folgen bald Blaualgen:
Oscillatoria: überwiegend.
Anabaena u. a.: selten.

Die Moose werden durch diese Vegetation stark geschädigt. Mikroskopisch ließ sich feststellen, daß die Vegetationskegel in ihrer Blatthülle abstarben, die Hülle selbst von Algenfäden völlig durchsetzt wurde. Hier muß ich einfügen, daß eine Schädigung durch Diatomeen, seien sie auch in noch so großer Zahl vorhanden, nicht eintritt. Diatomeen leben ja häufig auf Moosen, ich erwähnte sie in der Aufzählung oben nicht, um nur die Schädlinge zu nennen.

Eine mechanische Bekämpfung dieser Veralgung blieb natürlich, wie auch schon erwähnt wurde, ohne merklichen Erfolg. Eine Sterilisation der Kulturen war unmöglich, denn wie hätten sich die von mir benutzten Gefäße luftdicht abschließen lassen! Außerdem wäre selbst der Versuch eines solchen Verfahrens sinnlos gewesen, denn die in die Flüssigkeit eingeführten Moospflanzen können so viele Sporen und Algen an sich tragen, daß die Gefahr auch damit noch nicht vermieden gewesen wäre. Ich habe nun die Moose zunächst durch starke Beleuchtung und Zugabe einer Pufferflüssigkeit (s. u.) dahin gebracht, daß eine Wachstumsreaktion früher eintrat, als die starke Algenentwicklung, die nicht vor dem 4. Tag schädlich zu werden pflegte. Damit war fürs erste eine Konkurrenz auch für die Moose möglich und aussichtsreich geworden, die in natürlichem Wasser wesentlich langsamer reagieren als Algen. Sowie sich zarte Spuren dieser zeigten, wurde die Kultur in eine Flüssigkeit ohne Pufferlösung gebracht und darin die Algen mit kleinen Giftdosen abgetötet (Oxalsäure, Bariumchlorid). Durch Erfahrung bemerkte ich, daß diese Gifte auf Moose für kurze Zeit ganz unwirksam waren. Dann wurde die Flüssigkeit entfernt und nach langem, sorgfältigem Abspülen der Moospflanzen durch neue Nährlösung ersetzt. So konnten Algen meist rechtzeitig ausgeschlossen werden. Dabei machte ich von der Tatsache Gebrauch, daß Moose langsamer auf Milieuänderung reagieren als Algen.

c) Kulturflüssigkeiten.

Für die Art und Beschaffenheit des Wassers, in dem die Kulturen angesetzt wurden, ergaben sich die verschiedensten Möglichkeiten. Die von mir durch Kulturen erprobten führe ich hier an:

1. Wasser vom natürlichen Standort und aus Seen.
2. Leitungswasser. Mineralische Beifügungen.
3. Nährlösungen mit destilliertem Wasser.
4. Erd- und Rindenabkochung zur Pufferung.

Zu 1.:

Das Wasser der jeweiligen Standorte, von denen ich die Pflanzen entnahm, fiel für einen Kulturversuch in den meisten Fällen schon von vornherein aus. Bei diesen Standorten handelte es sich in der überwiegenden Mehrzahl um Sümpfe und Moore, deren Wasser von Zersetzungsstoffen jeder Art (faulenden Pflanzenteilen u. a.) durchsetzt war und immer schon Algen enthielt. — Verschiedene Moose entnahm ich überdies gelegentlich von mehr oder weniger trockenen Standorten, an denen kaum genug Wasser vorhanden gewesen wäre.

Ferner lag es nahe, im Wasser unserer Seen die Mooskultur zu versuchen. Natürlich kann ein so eutrophiertes Gewässer, wie z. B. der Halensee, schon seines hohen Algengehaltes wegen nicht in Frage kommen. Ich versuchte es mit Wasser aus dem bedeutend reineren Grunewaldsee und dem Müggelsee bei Friedrichshagen. Aber auch hier wurden die natürlich nicht fehlenden Algen den Moosen gegenüber in einer solchen Weise gefördert, daß dadurch eine für diese aussichtsreiche Konkurrenz schon von Anfang an unmöglich gemacht wurde. In sehr kurzer Zeit vermehrten sich die Algen bereits um ein Vielfaches. Davon gaben mir ausgezählte Schöpfproben mit der Planktonkammer, die ich oft wiederholte, ein anschauliches Bild. Nun schadet zwar eine diffus verteilte Algenmenge einer Mooskultur nicht, erst die Fadenalgen, die sich in dichtem Geflecht um die Pflanzen schlingen, hemmen deren Wachstum. Schnell sterben die so umwucherten Sproßteile und Blätter ab. Hierbei verhalten sich die sonst verschiedensten Moose gleich, z. B.

Bryum pseudotriquetrum	*Calliergon giganteum*
Aulacomnium palustre	„ *cuspidatum*
Paludella squarrosa	*Camptothecium trichodes* = *nitens*

Keine Rolle spielte dabei, daß die einzelnen Pflanzenproben von den verschiedensten Standorten stammten.

Zu 2.:

Reines Leitungswasser übt, wie ja vorauszusehen ist, keine wesentlich fördernde Wirkung auf das Wachstum aus. Es entstehen zwar immerhin einige Sprosse darin, bleiben aber weit hinter denen in Nährlösung zurück. Auch sind sie bei einer Rückkultur nur sehr langsam und wenig geneigt, sekundäres Protonema zu bilden. Normal gewachsene Sprosse können aber längere Zeit ungeschädigt im Leitungswasser verbleiben. Sie zeigen später, in geeignete Nährflüssigkeit gebracht, ein ähnliches Verhalten, wie frische Pflanzen, und

die daraus entstehenden Sprosse sind durchaus lebensfähig. Durch längeres Stehenlassen in Leitungswasser kann man viele Algen bis zur Lebensunfähigkeit schädigen.

Zum Zweck der Reinigung nahm ich die Moose aus ihren ursprünglichen Kulturen heraus und brachte sie in eine Lösung von 0,1 g Oxalsäure oder 0,2 g Bariumchlorid. Dies war die größte Menge der Giftsubstanzen, die ohne Schaden auf die Moose wirkten. Das erfuhr ich aus einer Reihe von Serienkulturen, die in allen konzentrierteren Lösungen geschädigte Pflanzen ergaben. Ich konnte aus so behandelten Formen Wassermoose ziehen, die sich auch mikroskopisch von solchen aus der Natur nicht unterschieden. In 4 Liter Giftlösung ließ ich die Kulturen 48—60 Stunden. Danach goß ich den gesamten Gefäßinhalt über ein feinmaschiges Sieb und ließ 2—3 Stunden lang fließendes Wasser darüber laufen. Dann brachte ich die Pflanzen in frisch bereitete Nährflüssigkeit (s. u.). Bereits nach wenigen Stunden ließ sich am Boden des Gefäßes eine dünne Schicht abgestorbener Algen wahrnehmen, denen immer nur wenige Moosblätter beigemischt waren. Diese Behandlung mußte etwa alle 8 Wochen wiederholt werden, da sich dann wieder neue Algen zu entwickeln begannen.

Leitungswasser übt eine fördernde Wirkung aus, bleibt hinter Nährlösung, die mit destilliertem, besser noch mit redestilliertem Wasser bereitet ist, an Güte zurück. Daher wurde es für Kulturen später nicht benutzt.

Zu 3.:

Bei Beschreibung der Flüssigkeit, in der sich in verhältnismäßig kürzester Zeit die besten Resultate erzielen ließen, möchte ich gleich am Anfang betonen, daß wirklich gute Kulturen meiner Erfahrung nach unbedingt von starker Beleuchtung abhängen. Darauf werde ich im folgenden noch näher eingehen. Hier werde ich sie immer als gegeben voraussetzen.

Zur Herstellung der Nährflüssigkeit benutzte ich Substanz der Nährtablette nach Kolkwitz. Um die für meine Kulturen optimale Nährlösung zu erhalten, stellte ich folgende Serienversuche an: Die Tabletten wurden gepulvert und in verschiedenen Gewichtsverhältnissen in folgender Weise in destilliertem Wasser gelöst (T = Tablettensubstanz, A = destilliertes Wasser):

1. 0,01 % T auf 1000 ccm A,
2. 0,02 % T auf 1000 ccm A,
. . . . . 10. 0,1 % T auf 1000 ccm A.

Als Versuchsobjekte dienten:

Bryum pseudotriquetrum — *Paludella squarrosa*
Aulacomnium palustre — *Calliergon cuspidatum*

Einzelne Pflanzen wurden in die Lösungen gebracht, nach 3, 7, 11 und 14 Tagen wurde die Verlängerung in Millimeter des Hauptsprosses (Sp.), die Anzahl der Nebensprosse (N.) und deren Länge (L.) vorsichtig gemessen. Alle zeigten übereinstimmend bei der Zusammensetzung 7: 700 mg T + 1000 ccm A die besten Resultate.

Es ist dabei zu bemerken, daß die angeführten Versuchsergebnisse das Mittel aus einer großen Anzahl von Versuchen darstellen.

In jeder Lösung wurden 6 Kulturen angesetzt, von denen Nr. 1—3 und Nr. 4—6 jedesmal von einem Standort stammten.

In jeder von diesen wurden 25—30 Pflanzen gemessen. Eine solche Anzahl von Untersuchungen vermag wohl einen Überblick von einiger Genauigkeit zu geben.

Alle Kulturgefäße wurden unter den gleichen Lichtbedingungen bei einer Temperatur von 18—24° gehalten. Die Untersuchungszeit war Mitte Februar bis Anfang April 1931. Die Versuche wurden nacheinander an den verschiedenen Spezies ausgeführt. Aus allen Kulturen ist übereinstimmend Lösung 7 als die bei weitem günstigste zu erkennen. Einige Monate später führte ich

Serienkulturen.

1. *Bryum pseudotriquetrum.*

Nährl. Nr.	3 Tg.			7 Tg.			11 Tg.			14 Tg.		
	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.
1	4	—	—	10	2	2 3	18	3	2 4 5	21	3	3 8 11
2	5	—	—	10	3	1 3 4	19	4	3 7 10 13	27	4	6 10 15 18
3	5	1	2	9	4	3 4 6 7	13	5	6 8 11 13 15	19	7	2 3 7 9 12 17 18
4	6	—	—	18	3	2 5 9	25	3	6 12 17	31	4	4 8 15 20
5	7,5	1	5	11	2	4 8	16	3	7 11 4	25	4	5 7 14 17
6	10	1	4	17	3	6 8 14	24	4	2 9 13 19	33	4	5 12 17 24
7	12	2	3 5 13 16	20	4	7 9 14 18 21	26	5	3 10	37	8	2 2 4 5 15 20 26 28
8	8	—	—	11	1	7	15	2	6 9	19	3	3 13 10
9	7	—	—	12	1	4	14	1	6	16	2	7 3
10	5	—	—	7	—	—	9	1	3	12	1	6

2. *Aulacomnium palustre.*

Nährl. Nr.	3 Tg.			7 Tg.			11 Tg.			14 Tg.		
	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.
1	5	—	—	8	—	—	9	1	3	13	2	3 5
2	5	—	—	9	1	2	12	1	4	15	2	4 8
3	7	—	—	10	2	2 3	14	2	4 6	18	3	6 9 11
4	6	1	3	8	2	3 5	13	3	2 7 8	17	3	6 10 12
5	8	1	4	11	2	3 6	15	3	4 5 8	19	3	7 9 11
6	8	1	5	12	3	2 4 8	16	4	2 5 7 10	18	4	4 8 9 11
7	9	2	3	12	4	2 3 5 7	18	5	2 4 6 9 11	22	5	5 6 10 11 14
8	7	1	2	10	1	5	15	2	3 8	19	3	3 6 10
9	7	—	—	9	1	4	12	1	7	16	2	3 10
10	6	—	—	8	—	—	11	1	3	15	1	6

3. *Paludella squarrosa.*

Nährl. Nr.	3 Tg.			7 Tg.			11 Tg.			14 Tg.		
	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.
1	3	—	—	5	—	—	9	—	—	14	1	3
2	3	—	—	6	—	—	11	1	4	18	1	7
3	5	—	—	9	1	6	12	2	2 3	17	2	5 6
4	5	1	5	9	1	6	13	1	8	16	2	3 10
5	6	1	4	10	1	7	15	2	3 8	18	2	7 10
6	8	—	—	12	2	3	17	3	3 5 6	19	3	4 9 11
7	10	1	4	14	3	2 3 6	20	3	6 8 10	23	4	2 9 13 14
8	6	1	3	9	1	6	14	1	9	18	2	3 11
9	4	—	—	7	—	—	10	1	2	13	1	5
10	2	—	—	5	—	—	8	—	—	11	1	4

4. *Calliergon cuspidatum.*

Nährl. Nr.	3 Tg.			7 Tg.			11 Tg.			14 Tg.		
	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.	Sp.	N.	L.
1	6	—	–	10	1	3	15	1	6	18	1	9
2	6	—	—	9	1	5	13	2	3 7	17	2	7 – 9
3	8	1	2	11	1	6	16	2	4 9	19	2	11 8
4	9	2	2 3	12	2	5 7	18	3	5 6 9	20	3	8 10 11
5	11	2	3 4	14	2	5 7	19	3	2 8 10	22	4	3 5 11 12
6	13	2	2 3	17	3	2 6 7	21	4	2 5 8 10	25	4	7 9 12 13
7	14	2	3 4	19	3	2 7 9	23	5	2 3 7 11 12	29	6	2 5 6 9 12 15
8	9	1	3	12	1	7	15	2	2 9	19	2	6 11
9	6	—	—	8	1	5	13	2	4 7	17	2	6 10
10	5	—	—	9	—	—	12	1	2	15	2	3 5

ähnliche Untersuchungen noch an *Camptothecium nitens* aus und erhielt auch da das gleiche Resultat.

Zu 4.:

Eine starke Wachstumsförderung ließ sich durch Zufügung von Erdabkochung nach folgendem Rezept (cf. Dammann) erzielen: „500 g lufttrockener Erde (gewöhnliche Gartenerde) werden mit 1000 ccm redestilliertem Wasser 24 Stunden lang kalt stehen gelassen, dann 1 Stunde lang im Dampftopf bei etwa 100° digeriert. Das goldgelbe bis braune Filtrat wird mit redestilliertem Wasser bis zur hellgelben Farbe verdünnt. Es muß vollkommen klar sein, eine blinde Lösung zeigt sehr schnelle Giftwirkung, wahrscheinlich durch das Auftreten von Fäulnisstoffen. Von dieser Substanz werden je 50 ccm pro Liter Nährlösung hinzugefügt". Die Nährlösung, die zur völligen Lösung einmal aufkochen muß, wurde immer zuerst fertiggestellt und abgekühlt, da schon beim Erwärmen mit Erdabkochung sich weiße bis bräunliche Niederschläge in allen Farbtönen bilden, die unlösliche Phosphate und Humate enthalten, deren Wirkung dann der Kultur entzogen wird.

Die oben erwähnte Nährlösung versetzte ich mit der vorgeschriebenen Menge Erdabkochung, also 50 ccm pro Liter, ließ die Pflanzen darin etwa 3 Wochen wachsen und stellte durch Messungen die Förderung gegenüber

einfacher Nährlösung, in der Parallelkulturen angesetzt wurden, fest. Diese war nicht sehr groß, im besten Fall betrug sie etwa 10 %, meist noch weniger. Bei „blinden" Versuchen glaubte ich, vorher weit bessere Resultate erhalten zu haben, und daher variierte ich auch die Menge der hinzugefügten Erdabkochung, indem ich 700 mg Tablettensubstanz in 1000 ccm redestilliertem Wasser mit 5, 10, 15, 20 . . . 45, 50 ccm abwechselnd versetzte. Als Versuchspflanzen dienten hier neben den schon oben genannten noch *Brachythecium rivulare* und *Calliergon cordifolium*. Hierbei wirkten die folgenden, beiden Zusammensetzungen auf alle Pflanzen etwa gleich gut (E = Erdabkochung):

700 mg T. + 35 ccm E. + 1000 ccm A. und
700 mg T. + 40 ccm E. + 1000 ccm A.

Hierdurch ließ sich den „ungepufferten" Lösungen gegenüber eine Förderung bis zu 30 % erzielen. Weitere Versuche ergaben, daß Wachstum und Blattbildung durch Zugabe eines Gemisches von NaH_2PO_4 und KH_2PO_4 von 150 mg pro Liter im Verhältnis 1 : 2 noch um etwa 10 % gefördert werden.

Auch Rindenabkochung wirkt puffernd. Sie wurde nach folgendem Rezept hergestellt: Rindenstücke werden im Trockenschrank bei 60° C 3 Stunden lang getrocknet. Dabei ist zu beachten, daß diese nicht zu groß sein dürfen, da sonst die Zeit nicht ausreicht. Dann werden von der Trockensubstanz 150 g mit 500 ccm Wasser 1 Stunde lang bei 100° C digeriert. Vom Filtrat genügen 10 ccm pro l Nährlösung. Die Förderung beträgt 10—20 %, bleibt in ihrer Wirkung hinter der durch Erdabkochung zurück.

Als optimale Bedingungen für eine Kultur von Moosen unter Wasser fasse ich also noch einmal zusammen:

1. Ständige, starke Belichtung.
2. Lockere Lage der Pflanzen in der Flüssigkeit.
3. Nährlösung von folgender Zusammensetzung: 700 mg Tablettensubstanz + 50 mg NaH_2PO_4 + 100 mg KH_2PO_4 + 35(—40) ccm Erdabkochung + 1000 ccm A.

Die Wirkung war auf alle von mir kultivierten Formen gleichmäßig eine durchaus gute.

d) Rückkulturen.

Ich erwähnte bereits, daß ich die aus den Wasserkulturen erhaltenen Sprosse auf ihre Entwicklungsfähigkeit auch auf „trockenem" Boden zu prüfen pflegte. Das konnte ich nun entweder auf einem natürlichen Untergrund tun oder auf künstlichem Nährboden. In den meisten Fällen zog ich den letzteren vor und wählte dann Agarplatten, die auf die übliche Weise hergestellt waren, unter Beifügung mineralischer Substanzen in den oben ermittelten Konzentrationen. In normalen Fällen trat dann bis spätestens zum 5. Tage sekundäres Protonema auf, meist schon wesentlich früher.

Aber auch auf Erde, die ich dann allerdings den betreffenden Standorten entnehmen mußte, ließen sich gute Kulturen ziehen. Diese stellte ich folgendermaßen an: Die Erde wurde zuerst an der Luft getrocknet, dann auf den Boden größerer Doppelschalen gebracht. Die zu prüfenden Pflanzen wurden darauf

gebracht und das Ganze mit der oben beschriebenen Nährlösung, die bis um das 5fache ihres Volumens verdünnt war, gegossen. Zur Erzielung ständig feuchter Luft in den Schalen wurde die Gürtelseite mit feuchtem Fließpapier ausgelegt, das täglich erneuert wurde. Licht gelangte in genügender Menge oben in die Schalen hinein. Da sich hierbei vielfach andere unerwünschte Organismen entwickelten, ging ich später dazu über, die Erde vor Gebrauch mit Schwefelsäure (30 %) zu behandeln, sie danach auszulaugen und erst dann zu trocknen. — Auch gepulverte Kohle war hierfür ein günstiges Substrat. - Ich betone nochmals ausdrücklich, daß ich glaube, eine Form nur dann als vollwertig und nicht irgendwie geschädigt ansehen zu dürfen, wenn sie in der Rückkultur einwandfrei bestimmbare Pflanzen liefert. Die vegetative Vermehrungsfähigkeit durch sekundäres Protonema muß unbedingt auch unter Wasser erhalten bleiben.

3. Chemische Untersuchungsmethoden.

1. Wasserstoffionenkonzentration.
   a) Universal-Indikator: „Merk“
   b) „ „ : B.D.H. (= Englischer Indikator).
      Die an den verschiedenen Quellen angegebenen Farbumschläge sind ungenau. Ich habe sie an Hand potentiometrischer Messungen und von Stammlösungen revidiert.
   c) Hydrionometer (Breslau).
   d) Potentiometer (Mislowitzer).
2. Die Gesamthärte
   wurde mit Clarkscher Seifenlösung bzw. mit Kaliumpalmitatlösung bestimmt.
3. Die Karbonathärte
   wurde mit n/10 Salzsäure bei Methylorange als Indikator titriert.

CaO
wurde titrimetrisch mit n/20 Kaliumpermanganat ausreichend bestimmt.

MgO
stellte ich immer direkt im Anschluß daran gravidimetrisch fest. Mg wird aus dem Kalkfiltrat als Magnesiumammoniumphosphat ausgefällt, getrocknet, geglüht und als MgO ausgedrückt.

Freie Kohlensäure
wurde mit empirischer Sodalösung über Phenolphtalein als Indikator titriert.

Gebundene und halbgebundene Kohlensäure errechnete ich. Die Bestimmung der Gesamtkohlensäure nach L. W. Winkler wurde mit der Apparatur von Winkler, später mit der nach Tillmans ausgeführt (cf. Treadwell). Ich gebe in der Abbildung beide, beschreibe nur den ersteren genauer. Der Apparat besteht aus einem Erlenmeyer von ca. 500 ccm Inhalt und mit Marke dicht unterhalb des Stopfens, bis zu der das Untersuchungswasser eingefüllt wird. Der durchbohrte Stopfen trägt einen Aufsatz, auf dem sich der zur Aufnahme der Salzsäure dienende Tropftrichter befindet. Von dem Aufsatz geht ein seitlicher Rohrstutzen ab, durch den die entweichende Kohlensäure zunächst in eine kleine, mit destilliertem Wasser gefüllte Wasch-

flasche und von da in das mit Chlorkalzium gefüllte U-Rohr (zur Zurückhaltung mitgerissener Wassertröpfchen) hindurchtritt. Vor Beginn des Versuches läßt man durch das mit Kalziumchlorid gefüllte Rohr einen Strom reiner Kohlensäure hindurchgehen, um alkalische Beimengungen abzusättigen. Trockene Luft treibt diese Kohlensäure vollständig wieder aus. Der Kaliapparat ist mit Kalilauge (2:3 Aq. dest.) gefüllt. Eine Menge granuliertes Zn, die genau 2 ccm entspricht, wird in den Kolben eingebracht. Das Untersuchungswasser wird vorsichtig bis zur Marke aufgefüllt. (Wasser dann = ausgewogenem Kolbeninhalt — 2 ccm Zn.) Dann setzt man den Aufsatz mit dem Tropftrichter auf, der Rohransatz wird mit der Waschflasche und den Absorptionsgefäßen verbunden, darauf läßt man die Hälfte der Salzsäure zum Wasser hinzutreten. Nach 1½ Stunden wird der Rest der Salzsäure zugefügt, dann folgt noch 1½ Stunden lang Gasentwicklung. Nun vertreibt man den Wasserstoff durch trockene Luft, indem ½ Stunde lang ein Luftstrom durch den Kaliapparat geleitet wird. Die in der eingefüllten Wassermenge gefundenen mg CO_2 werden direkt auf ein Liter umgerechnet.

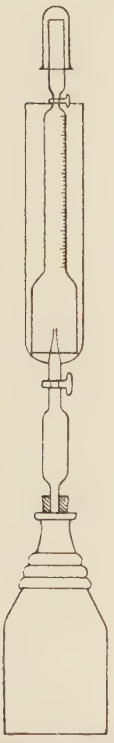

Abb. 1. Apparat für Kohlensäure- und Sauerstoffbestimmung mit „Sauerstoffflasche". (Nach L. W. Winkler.)

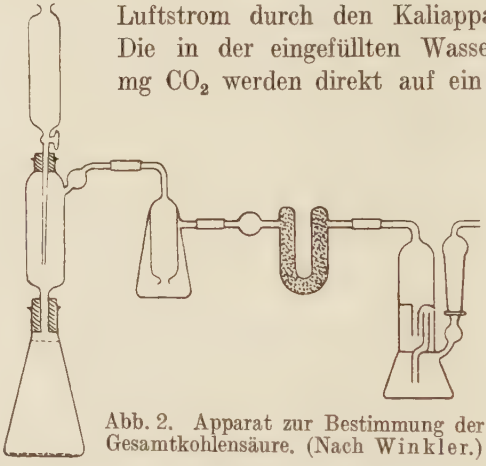

Abb. 2. Apparat zur Bestimmung der Gesamtkohlensäure. (Nach Winkler.)

Sauerstoffbestimmung.

Dazu wurde einerseits das jodometrische Verfahren nach L. W. Winkler angewandt, andererseits konnten die Werte, die der „Kohlensäure-Apparat I" bei der Sauerstoffbestimmung lieferte, damit verglichen werden.

Die Oxydierbarkeit

wurde mit n/100 Kaliumpermanganat titriert, dessen Titer vor jeder Bestimmung neu festgestellt wurde.

Eisen

wurde mit Glührückstand nach Zimmermann-Reinhardt bestimmt (cf. auch Treadwell, Quant. anal. Chem.).

Chlor

wurde bei Kaliumchromat als Indikator mit Silbernitrat titriert.

Sulfat

wurde gravidimetrisch als Bariumsulfat in salzsaurer Lösung bestimmt.

Phosphat

fällte ich als Phosphorammonmolybdat aus, löste dies in Kalilauge und titrierte mit Phenolphtalein. Überschüssige Kalilauge wird mit Schwefel-

säure zurücktitriert. Kalilauge und Schwefelsäure sind nach Treadwell eingestellt.

Ammoniak

bestimmte ich mit Nesslers Reagens als Oxymercuriammoniumjodid kolorimetrisch.

Beide Stickstoffsäuren, (HNO_2 und HNO_3),

bestimmte ich kolorimetrisch.

Schwefelwasserstoff

wurde meist auf dem jodometrischen Wege nach Winkler ermittelt. Nur selten kam auch daneben die kolorimetrische Methode mit Nitroprussidnatrium zur Anwendung.

4. Kulturen im Freien.

Diese anzustellen, bietet natürlich gewisse Schwierigkeiten.

Zwar sind dort verschiedene Punkte nicht regulierbar, aber dennoch sind viele natürliche Bedingungen gegeben, die im Laboratorium nur schwer herzustellen sind. Daher habe ich an einigen Stellen (im Teufelsmoor bei Spandau-West, bei Strausberg und am Grunewaldsee) im Freien dort natürlich vorkommende Moose kultiviert. Auf die Methoden dabei gehe ich bei der Besprechung der einzelnen Standorte genauer ein.

Im System schließe ich mich dem an, das Mönkemeyer in seinen verschiedenen Werken gibt.

Ich kultivierte folgende Moose unter Wasser:

1. *Fissidens adiantoides*
2. *Octodiceras Julianum*
3. *Cinclidotus aquaticus*
4. *Bryum pseudotriquetrum*
5. „ *bimum*
6. „ *neodamense*
7. *Cinclidium stygium*
8. *Aulacomnium androgynum*
9. „ *palustre*
10. „ „ , *polycephalum*
11. *Paludella squarrosa*
12. *Philonotis fontana*
13. *Fontinalis antipyretica*
14. *Climacium dendroides*
15. *Amblystegium serpens*
16. „ *riparium*
17. *Drepanocladus vernicosus*
18. *Drepanocladus uncinatus*
19. „ *lycopodioides*
20. „ *aduncus-Kneiffii*
21. „ *fluitans*
22. „ *exannulatus*
23. *Calliergon cuspidatum*
24. „ *cordifolium*
25. „ *giganteum*
26. „ *stramineum*
27. *Hylocomium squarrosum*
28. „ *triquetrum*
29. *Scorpidium scorpioides*
30. *Plagiothecium denticulatum*
31. *Camptothecium trichodes = nitens*
32. *Brachythecium rivulare*
33. *Eurhynchium Stokesii*

Zur Charakterisierung der Lebensgemeinschaften, in denen diese Arten vorkommen, gebe ich im folgenden einige Artenlisten der wichtigsten Fundorte, von denen ich meine Kulturobjekte zu entnehmen pflegte.

1. Teufelsmoor bei Spandau-West, Hakenfelde.

Lebermoose.	Torfmoose.
Aneura pinguis	*Sphagnum teres*
„ *sinuata*	„ *acutifolium*
Fossombronia Dumortieri	„ *cymbifolium*

Laubmoose.	Höhere Pflanzen
Fissidens adiantoides	*Carex stricta*
Bryum ventricosum	„ *panicea*
„ *neodamense*	„ *vulgaris*
Aulacomnium palustre	„ *paradoxa*
„ „ var. *polycephalum*	*Aira caespitosa*
Drepanocladus lycopodioides	*Calamagrostis lanceolata*
Calliergon cuspidatum	*Festuca arundinacea*
„ *giganteum*	*Glyceria aquatica*
Scorpidium scorpioides	*Eriophorum angustifolium*
	Ferner: verschiedene *Salix*-Arten

Hier ließen sich besonders im Frühjahr in den recht zahlreichen Wasserlöchern leicht Kulturen ansetzen. Die Wände eines solchen Loches versteifte ich durch Bretter, die mit dem Bohrer durchlöchert waren. Schon nach kurzer Zeit hatte sich eine genügende Anzahl von Wassersprossen gebildet. Oben ließ ich diese improvisierten Kulturbecken offen oder bedeckte sie mit Glas. Auf diese Weise konnte auch auf den Seiten das Wasser zuströmen.

1. Versuchsreihe.

In 6 Becken der oben erwähnten Art wurden von allen hier wachsenden Moosen (cf. Artenliste oben) etwa gleiche Mengen gebracht. Schon nach 4 Tagen waren *Fissidens adiantoides* und *Bryum neodamense* völlig abgestorben, *Calliergon giganteum* hatte fast keine neuen Triebe gebildet. Von *Drepanocladus lycopodioides* und *Scorpidium scorpioides* wuchsen niemals beide gleich gut weiter, immer war eines gefördert und das andere dementsprechend gemindert. Beide waren aber später isoliert noch recht gut lebensfähig. *Scorpidium* verlangt mehr Kalk als *Drepanocladus lycopodioides* und kommt in dieser Hinsicht näher an *Fissidens* heran. Beide oben erwähnten Moose wachsen zwar sehr nahe beieinander, aber der pH-Gehalt ihrer Optimalmedien ist immer verschieden. Meine pH-Messungen ergaben Differenzen von 0,8—1,5! Gut gediehen — neben- und durcheinander wachsend — *Bryum pseudotriquetrum*, *Aulacomnium palustre* und *Calliergon cuspidatum*. Sie durchzogen in dichten Sprossen das Becken und blieben nebeneinander gleich lebens- und konkurrenzfähig. *Bryum pseudotriquetrum* und *Aulacomnium palustre* wuchsen mehr an der Oberfläche entlang, faßten an den Rändern festen Fuß, wobei starke Rhizoidenbildung eintrat. *Calliergon cuspidatum* dagegen blieb willig unter beiden in langen, dünnen Sprossen submers.

Kulturdauer: 6 Wochen. Temperatur: 16—23°.

Während diese Kultur nur eine Übersicht über die Konkurrenzfähigkeit von Moosen des etwa gleichen Standortes gestattete, gaben die dann folgenden Auswahlkulturen eine Orientierung über die einzelnen Gruppen.

Ich wählte nach Möglichkeit solche Wasserlöcher, an denen die zu kultivierenden Moose wuchsen. Die maximale Entfernung betrug bei ihnen 2—2,5 m.

Da erfahrungsgemäß jede Schwefelwasserstoffentwicklung das Moswachstum oder doch wenigstens die Blattbildung merklich hemmt, war dieser

Punkt natürlich schon bei der Auswahl geeigneter Wasserlöcher berücksichtigt worden. Im weiteren Kulturverlauf prüfte ich darauf in Abständen von 3 bis 4 Tagen, die dem Ende zu auf 1 Tag verringert werden mußten. Wegen des Verhaltens der Moose unter diesen in der Natur sehr häufig auftretenden Erscheinungen habe ich auch beim Beginn offensichtlicher Schädigung die Pflanzen nicht aus diesen Kulturen entfernt. Nach Ablauf der 5. Woche erst begann eine schwache H_2S-Entwicklung, die dann aber bereits in wenigen Tagen sehr stark zunahm.

Die hier kultivierten Formen verhielten sich untereinander übereinstimmend. Durch geringen H_2S-Gehalt des Wassers wurde nur der Blattwuchs beeinträchtigt. Lange, kahle Stellen an den Stengeln entstanden, die aber, wenn sie bald isoliert wurden, noch neue Sprosse zu bilden fähig waren. War aber der H_2S-Gehalt über etwa 10 mg pro Liter gestiegen, ging auch diese Entwicklungsfähigkeit 2 Wochen nach Beginn der Schwefelwasserstoffentwicklung völlig verloren.

Die gleiche Beobachtung, daß Schwefelwasserstoff in größerer Menge unbedingt giftig auf Moose wirkt, konnte ich auch noch an anderer Stelle qualitativ machen.

Schwefelwasserstoffzunahme.

Tage	1.	28.	34.	36.	38.	39.	40.
Kultur Nr.							
1	0	0	0,17	1,9	4,4	13	39
2	0	0	0,09	1,3	3,2	9,4	32
3	0	0	0,34	4,1	8,8	21	63
4	0	0	0,09	1,4	2,9	8,5	26
5	0	0	0,09	1,2	3,0	9	28
6	0	0,09	0,43	4,5	9	21	67

Der H_2S ist in mg pro Liter ausgedrückt.

Die Temperatur betrug am 1. Tag: 19°; 28.: 21°, 34.: 20°; 36.: 23°; 38.: 22°; 39.: 20°; 40.: 21° C Lufttemperatur.

2. Versuchsreihe: Auswahlkulturen.

Nach ihrem natürlichen Vorkommen zusammen unter Berücksichtigung der Reihenfolge ihres Absterbens in der Gesamtkultur brachte ich nun in je 3 Kulturen folgende Moose zusammen:

a) *Scorpidium scorpioides*
Fissidens adiantoides
Bryum pseudotriquetrum

b) *Calliergon giganteum*
„ *cuspidatum*
Bryum pseudotriquetrum

c) *Calliergon cuspidatum*
„ *giganteum*
Bryum pseudotriquetrum
Aulacomnium palustre

d) *Drepanocladus lycopodioides*
Calliergon cuspidatum
„ *giganteum*
Aulacomnium palustre

e) *Fissidens adiantoides*
Bryum neodamense

Zu „Kulturbecken" wurden wieder ähnliche Wasserlöcher wie oben benutzt. Auch die Entfernung der darin kultivierten, außen herumwachsenden Moose war etwa dieselbe (1—1½ m).

Es zeigte sich, daß *Fissidens adiantoides* und *Scorpidium scorpioides* einerseits, aber auch jedes dieser beiden mit *Bryum neodamense* gut nebeneinander gedeihen, vorausgesetzt, daß man die Kulturen von anderen Moosen, die sonst leicht Oberhand gewinnen würden, frei hält, wie von *Bryum pseudotriquetrum*, *Aulacomnium palustre* oder *Calliergon cuspidatum*. Die beiden obigen Moose neigen dazu, nicht unter Wasser zu bleiben, sondern mit Hilfe langer Sprosse den Rand zu suchen. Von dort aus erobern sie den festen Boden. *Scorpidium scorpioides* wächst gut unter Wasser weiter und geht nicht ohne weiteres ans Land. Auch *Calliergon giganteum* wird von *Calliergon cuspidatum*, *Aulacomnium palustre* oder *Bryum pseudotriquetrum* leicht überwuchert und zurückgedrängt, im Vergleich zu Parallelkulturen ohne diese. Aber es geht nicht zugrunde, während *Fissidens* in diesem Falle langsam abstirbt. *Drepanocladus lycopodioides* wächst mit *Calliergon cuspidatum* ebenfalls gut zusammen, auch mit *Aulacomnium palustre*.

Alle Kulturen dienten mir zur Beobachtung der Stärke der Bildungstendenz von Wasserformen bei den einzelnen Arten und über ihre Kraft zur Behauptung anderen gegenüber oder sogar zu deren Überwindung. Beides kommt ja erst im Kampf mit anderen Spezies zum rechten Ausdruck. Danach möchte ich 3 Gruppen unterscheiden, wobei ich behaupte, daß unter eine von diesen sich nach entsprechender Untersuchung jedes Moos, das überhaupt Wasserformen bildet, einreihen läßt. Zur ersten rechne ich die Formen, die in jedem nicht zu extremen Medium anderen Formen gegenüber vermöge ihrer guten und reichlichen Entwicklung zu dominieren vermögen. Sie sind an die wenigst spezialisierten Bedingungen gebunden und bilden untereinander sehr ähnliche Wasserformen. Diese Ähnlichkeit kann im Extremfall so weit gehen, daß es nach langer Zeit des Wasserwachstums erst in der Rückkultur gelingt, eindeutig bestimmbare Pflanzen zu erzielen. Die Rückkultur gelingt in weiten Grenzen.

Hierher rechne ich von den oben erwähnten Moosen in erster Linie *Calliergon cuspidatum*, das überall und immer ohne zu starke Formveränderung gleich gut wächst, in zweiter Linie *Bryum pseudotriquetrum* und *Aulacomnium palustre*, die zwar auch überall dort gedeihen, aber in den verschiedensten Wuchsformen auftreten.

Die zweite Gruppe besteht aus den Formen, die schon bestimmte Ansprüche an das Medium stellen, die nun wieder physikalischer oder chemischer Natur sein können. Gewiß sind diese Ansprüche hier noch nicht extrem, aber sie bieten doch einen Nachteil gegenüber der Gruppe 1. Hier entstehen naturgemäß die mannigfaltigsten Wuchsformen, die aber in allen nicht zu extremen Medien lebenskräftige Pflanzen darstellen. Hierher gehören: *Drepanocladus lycopodioides*, *Scorpidium scorpioides*, *Calliergon giganteum*. Die beiden, nur mit Einschränkung zur Gruppe 1 gerechneten, könnten auch hierher gestellt werden.

Zur dritten Gruppe rechne ich alle streng spezialisierten Formen, die an so bestimmte Bedingungen angepaßt sind, daß sie diese unter keinen Umständen entbehren können. Sie werden so zu Indikatoren für Zusammensetzungsfaktoren. Von den oben besprochenen Formen gehören nur die beiden Kalkmoose *Fissidens adiantoides* und *Bryum neodamense* dahin, die gegen andere unter Wasser nicht mehr anzukämpfen vermögen. Solche Gruppen lassen sich bei allen Lebensgemeinschaften der Moose unterscheiden, wobei ich vorausschicken kann, daß die Gruppen 1 und 3 jede nur wenige Formen enthalten, während bei weitem die meisten aller Arten zu 2 zu zählen sind. — Vielleicht könnte man später, nach genauem Studium aller hierfür in Frage kommenden Arten, die Behauptung aufstellen, daß eine Wuchsform der Moose immer eine bestimmte Reihe ökologischer Bedingungen voraussetzt, die man allein durch ihre Betrachtung mit Sicherheit qualitativ, ja sogar ungefähr quantitativ, erschließen kann.

H_2S war nicht vorhanden. H_2S entstand etwa in ähnlichen Zeiträumen, wie oben erwähnt. Die Analysen zeigten sofort den höheren pH-Gehalt der Kulturen a und e, ebenso ihren größeren Kalkgehalt; sie enthielten ja auch die eigentlichen Kalkmoose.

2. Moor bei Straußberg.

Laubmoose.
Bryum ventricosum
„ *bimum*
Mnium Seligeri
Aulacomnium palustre
Paludella squarrosa
Climacium dendroides
Amblystegium serpens
„ *riparium*
Thuidium Blandowii
Hylocomium squarrosum
„ *triquetrum*
Drepanocladus aduncus Kneiffii
Calliergon cuspidatum
„ „ , fo. *rufescens*
Calliergon giganteum
Camptothecium trichodes
Schachtelhalme.
Equisetum palustre
Höhere Pflanzen.
Caltha palustris
Carex acuta
„ *acutiformis*
„ *vulgaris*
„ *stricta*
„ *paradoxa*
Aira caespitosa
Glyceria aquatica
Ajuga reptans
Scirpus lacustris

Durch das Moor ziehen sich 3 kleine, ziemlich flache Gräben, die für Kulturen recht geeignet wären, wenn sie nicht einen zu hohen Eisengehalt hätten. Bei diesem können alle Moose des dortigen Gebietes nicht leben. So war ich auch hier wieder auf Wasserlöcher angewiesen, die hier aber zu flach waren und erst künstlich vertieft werden mußten. Da wurden nun zuerst wieder gemeinschaftlich *Bryum ventricosum*, *bimum*, *Aulacomnium palustre*, *Paludella squarrosa*, *Drepanocladus aduncus Kneiffii*, *Calliergon cuspidatum* und *Camptothecium trichodes* kultiviert. (*Amblystegium serpens* und *riparium*, ebenso *Hylocomium squarrosum* und *triquetrum* gingen sofort zugrunde.) Auch *Paludella* und *Bryum bimum* vegetierten noch eine Zeitlang, um dann auch einzugehen. Es dominierten *Bryum ventricosum*, *Aulacomnium palustre*, und *Calliergon cuspidatum*. Die übrigen wuchsen zwar nicht schnell, blieben

aber gut lebensfähig. Die Kulturdauer betrug hier 8—9 Wochen bei Temperaturen zwischen 16° und 25° C.

Von den hier kultivierten Moosen zähle ich zu Gruppe 1:

a) *Calliergon cuspidatum.*
b) *Bryum ventricosum, Aulacomnium palustre,* mit Einschränkungen.

Es hat sich also hierin im Verhältnis zum Teufelsmoor nichts geändert.

Unter Gruppe 2 fallen hier:

Bryum bimum, Climacium dendroides, Amblystegium serpens und *riparium, Drepanocladus aduncus-Kneiffii, Calliergon giganteum* und *Camptothecium trichodes.*

Auch hier treten die Moose der Gruppe 2 aus dem Teufelsmoor wieder an derselben Stelle auf.

Zu Gruppe 3 gehört nur *Paludella squarrosa.*

In Auswahlkulturen brachte ich zusammen:

a) *Paludella squarrosa*
Camptothecium trichodes
b) *Calliergon giganteum*
Drepanocladus aduncus-Kneiffii
c) *Climacium dendroides*
Amblystegium serpens
„ *riparium*
d) *Climacium dendroides*
Calliergon giganteum
Camptothecium trichodes

Paludella gedieh mit keinem der Moose zusammen, selbst nicht mit *Camptothecium trichodes*, mit dem es in der Natur so oft zusammen vorkommt. Es läßt sich schon daraus ersehen, daß gemeinsames Vorkommen auf trockenem Untergrund durchaus noch kein Kriterium für dasselbe im Wasser ist.

Die Kulturen b und c gediehen gut.

Eigenartig war das Verhältnis in d. *Climacium dendroides* wuchs immer gut fort, von den anderen beiden gedieh nur *Camptothecium trichodes*, *Calliergon giganteum* ging ein. Mit *Climacium* allein zeigte es ausreichendes Wachstum, wurde nur von *Camptothecium* unterdrückt und eingeschränkt. Alle diese Kulturen zeigten keine besonderen chemischen Eigentümlichkeiten.

3. Teufelsmoor, Briesetal.

Lebermoose.
Pellia epiphylla
Aneura sinuata var. *angustifolia*

Torfmoose.
Sphagnum fimbriatum
„ *fuscum*
„ *acutifolium*
„ *cuspidatum*
„ *recurvum*
„ *subsecundum*
„ *cymbifolium*

Laubmoose.
Bryum pendulum
„ *pseudotriquetrum*
„ *bimum*
Cinclidium stygium
Mnium rugicum
„ *Seligeri*
Aulacomnium palustre
„ „ , *polycephalum*
Paludella squarrosa
Meesea triquetra
Philonotis fontana
Climacium dendroides
Thuidium Blandowii
Chrysohypnum chrysophyllum
„ *stellatum*
Calliergon giganteum
„ *cuspidatum*
„ *pratense*
„ *trifarium*
„ *stramineum*
Drepanocladus vernicosus

An weiterem besonders:
Chara foetida
Equisetum palustre
Carex acutiformis
„ *paradoxa*
„ *panicea*
Carex hirta
Glyceria aquatica
Drosera intermedia
„ *anglica*
„ *rotundifolia*
Calla palustris

Da dieser Standort verhältnismäßig entlegen ist, konnte er zu Kulturen im Freien nicht benutzt werden. Ich entnahm von dort nur Material für das Laboratorium.

4. Grunewaldmoor.

Lebermoose.
Aplozia anomala
Lophocolea heterophylla

Torfmoose.
Sphagnum cymbifolium
„ *acutifolium*
„ *rubellum*
„ *fimbriatum*
„ *recurvum*
„ *medium*

Laubmoose.
Dicranum Bonjeani
Bryum caespiticium
Aulacomnium palustre
Polytrichum gracile
Polytrichum strictum
Climacium dendroides
Calliergon stramineum

Höhere Pflanzen.
Scheuchzeria palustris
Eriophorum vaginatum
Rhynchospora alba
Carex limosa
Drosera intermedia
„ *anglica*
„ *rotundifolia*
Ledum palustre
Andromeda polifolia
Vaccinium oxycoccus

Es ist typisch, daß auch hier, wie an vielen anderen Standorten, *Calliergon stramineum* immer zwischen Sphagnen, und zwar am liebsten *Sphagnum cymbifolium* wächst. Oft wird es dabei überwuchert, selten aber ganz erdrückt. Es bilden sich dann lange, außerordentlich dünne, gelbe Sprosse, die nur noch wenig Chlorophyll enthalten. Schließlich scheinen sie das *Sphagnum* fast als eine Art Stütze zu gebrauchen, und ich fand mehrmals Torfmoossprosse, die von fadenförmigem *Calliergon stramineum* förmlich umwickelt waren. Löste ich diese vorsichtig los, so gelang in den weitaus meisten Fällen eine Weiterkultur auf künstlichem Nährboden nicht mehr.

Eine Gesamtkultur mit *Aulacomnium palustre*, *Climacium dendroides* und *Calliergon stramineum* gelang natürlich nicht, da *Aulacomnium palustre* bald die beiden übrigen überwucherte, wobei *Climacium* wenigstens lebensfähig blieb, während *Calliergon stramineum* vollständig abstarb.

Ferner habe ich noch *Climacium dendroides* und *Calliergon stramineum* an Ort und Stelle gemeinsam zu kultivieren versucht. Auch das gelang nur schlecht. *Climacium* überwucherte *Calliergon* zuerst sehr stark, bildete im Laufe von 3 Wochen etwa die 3fache Anzahl von neuen Sprossen und ein Vielfaches von Blättern wie *Calliergon*. Dies wurde sehr lang und dünn und ging nach mehr als 2 Monaten ganz zugrunde.

Wird in der Natur *Calliergon stramineum* in Wasserlöcher hineingedrängt, nimmt es die fo. *patens* an, die ich in ähnlicher Ausbildung auch in meinen Kulturen öfter beobachten konnte. In Einzelkultur gedieh es auch im Freien

ganz gut, ist aber fast vollkommen konkurrenzunfähig. — Ich würde es zu Gruppe 3 zählen, denn es umfaßt nur einen sehr kleinen pH-Bezirk, ist streng kalkfeindlich und kann sich gegen andere nicht mit Erfolg behaupten.

Mein Kulturmaterial von *Drepanocladus exannulatus* stammt aus einem Moor bei Köslin am Papensee mit folgender Vegetation:

Lebermoose.
Marchantia polymorpha
Aneura pinguis
Fossombronia Dumortieri
Cephaloziella hampeana
Scapania irrigua
Pellia neeseana (?)
Riccia fluitans

Torfmoose.
Sphagnum cymbifolium
„ *papillosum*
„ *tenellum*
„ *compactum*
„ *cuspidatum*
„ *teres*
„ *inundatum*
„ *auriculatum*
„ *acutifolium*

Laubmoose.
Aulacomnium palustre
Polytrichum gracile
Climacium dendroides
Drepanocladus exannulatus

Höhere Pflanzen.
Empetrum nigrum
Vaccinium uliginosum
„ *oxycoccus*
Erica tetralix
Calluna vulgaris
Ledum palustre
Drosera rotundifolia
„ *intermedia*
Utricularia vulgaris
„ *minor*
„ *intermedia*
Juncus supinus
„ *squarrosus*
„ *bufonius*
Rhynchospora alba
Carex vesicaria
„ *echinata*
Calla palustris

Schon aus diesen wenigen, ausgewählten Zusammenstellungen geht deutlich hervor, daß einige Moose für einen bestimmten Vegetationsbereich spezifisch sind, andere dagegen stark wechseln. (Wie z. B. *Climacium dendroides*, das gleicherweise auf feuchten Wiesen, im Grünlandmoor und im Hochmoor vorkommt.) Die in ihrer Vegetationsbreite beschränktesten sind naturgemäß bei jeder Veränderung sehr empfindlich, während die anderen eine förmliche Skala von pH-Werten zu durchlaufen vermögen, ohne wesentlich geschädigt, ja, ohne auch nur verändert zu werden.

Ich habe alle oben angegebenen Moose zunächst einmal unter Wasser kultiviert, wobei die Zusammensetzung des Mediums der ursprünglich gegebenen im Säuregrad entsprach. Auf diese mehr allgemeinen Kulturen folgten solche zur Feststellung der Veränderung unter bestimmtem pH-Gehalt. Die Nährlösung reagiert an sich neutral bis schwach alkalisch. Die niedrigen pH-Werte erhielt ich durch Ansäuern mit verschiedenen Säuren. Ich benutzte dabei nebeneinander 1/10 normale Salzsäure, 1/100 normale Schwefelsäure, 10proz. Essig- bzw. Zitronensäure. Dabei variierte ich die pH-Werte folgendermaßen:

1. Zwischen pH = 4,0 und 5,0
2. „ „ = 5,0 „ 6,2
3. Zwischen pH = 6,2 und 7,8
4. „ „ = 7,8 „ 8,6

Stärkere Alkalität erreichte ich durch schwache Sodalösung oder zuweilen Natronlauge in starker Verdünnung.

So konnte ich die Wachstumsverhältnisse bei den verschiedenen Säuregraden feststellen. Dabei gelang es mir, eine starke Ähnlichkeit im Verhalten

der einzelnen Formen zu beobachten. Ich kann vorausschicken, daß in meinen Kulturen kein Moos auf eine Variation von weniger als pH = 0,5 jemals reagiert hat (im Vergleich zu Parallelkulturen). Daher ist bei der Bestimmung von pH in Mooskulturen die 2. Stelle nach dem Komma völlig unwesentlich und ich habe sie hierbei nicht angegeben.

Ferner ist das Anion der Säure nicht von Wichtigkeit, nur die Stärke der Azidität. Natürlich darf die Säure kein physiologisches Gift enthalten. — Die mit 1 Proz. angesäuerten Kulturen verhielten sich nebeneinander beim gleichen pH-Gehalt völlig übereinstimmend. Bei den Alkalien lieferte Natriumkarbonat die besten und die untereinander einförmigsten Resultate.

Die Rückkulturen waren bei der Prüfung auf die Eignung einer Nährlösung in bezug auf den pH-Gehalt natürlich von besonderer Wichtigkeit.

Spezielles.

5. Wasserkulturen der einzelnen Spezies.

Fissidens Hedw.

F. adiantoides.

Vor die eigentliche Besprechung stelle ich in allen Fällen eine Tabelle, die in kurzer Form die Resultate der oben schon beschriebenen pH-Variationen angibt.

	Luft	Submers		
pH	7,5—8,8	5,0—6,2	6,2—7,8	> 7,8
Sproßlänge:	8—15 cm	< 10 cm	10—20 cm	25—40 cm
Verzweigung:	Immer mehrsprossig	Selten	Selten	Selten
Blattform:	Lanzettlich, breit, oben spitz, Rand bis zur 1. Hälfte gesägt	Klein, hellgrün bis weißlich, Rand nur wenig gesägt. Form: Wie in Luft höchstens ⅓ normalgroß	Klein, grün, ½ normalgroß. Rand nur wenig gesägt; sonst unverändert	Normalgrün, etwa ¼ normalgroß; Rand schwach gesägt. Form unverändert
Rippe:	Geht zur Spitze durch	Geht zur Spitze, sehr dünn, hellgrün	Bis zur Spitze, kräftig grün	Bis zur Spitze, sehr kräftig
Stengel:	Rostbraun, mit dikkem, rötlichem Filz	Grünlich, schlaff, dünn, ohne Filz	Grün, Rhizoidenteil rötlich, mäßig stark	Grün, Rhizoidenteil rot
Blattstellung:	Halbstengel umfassend, direkt aneinander anschließend	Halbstengelumfassend, weit voneinander entfernt, manchmal leicht zurückgebogen	Halbstengelumfassend, entfernt, abstehend	Halbstengelumfassend, entfernt, fast schuppig
Zellen:	Rundlich, dicht grün. 3 Reihen bilden hellen Rand. Sehr viel Chlorophyll	Ohne bes. Randbildung. Sehr weit, oft ohne, sonst mit nur sehr wenig Chlorophyll. Rückkultur: —	Weit, viel Chlorophyll, auch am Rand. Dieser nicht auffallend. Rückkultur: ±	Weit, überall viel Chlorophyll. Rand nicht auffallend. Rückkultur: +

Rückkultur: +: über 75 % gut, ±: 20—30 % gut, —: unter 10 % gut.

Die Pflanzen der verschiedensten Standorte zeigen eine große Ähnlichkeit untereinander darin, daß sie, wie nur wenige Moose außer ihnen, von Kalkgehalt und Alkalität des Kulturmediums bzw. des natürlichen Substrates in sehr starkem Maße abhängen. Ich habe *Fissidens adiantoides* an den verschiedensten Standorten beobachtet, und an allen ließ sich eine starke Alkalität und ein hoher Wert für CaO feststellen. In meinen verschiedenen Serienkulturen zeigte sich eine ausgesprochene Vorliebe für die höchsten pH-Werte. In höher alkalischem Kulturwasser bildeten sich ersichtlich lebensfähigere und stärkere Pflanzen als im neutralen oder gar sauren. Dabei war es ohne Bedeutung, welche der oben genannten Säuren zum Ansäuern der Kulturen benutzt wurde. Sie zeigten alle eine gleich einschränkende Wirkung. Nur die ungeschädigte, hoch alkalische Wasserform läßt ohne weiteres Trockenkultur zu. Dabei gehen die Wassersprosse natürlich zugrunde und es bildet sich die charakteristische Landform. Auch schwach saure Wässer liefern noch neue Sprosse, diese reagieren aber auf eine Trockenkultur nicht mehr. Sie gehen in jedem Fall zugrunde. Zur Sproßspitze hin werden die Blätter ein wenig

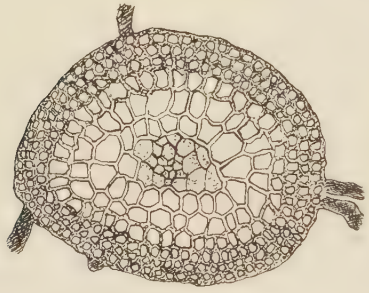

Abb. 3. *Fissidens adiantoides*, Normalsproß, quer.

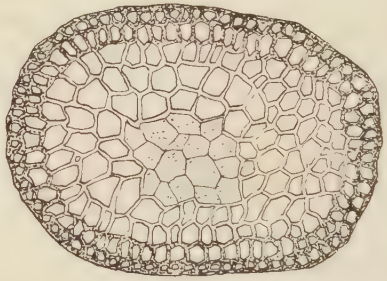

Abb. 4. *Fissidens adiantoides*, Sproß, submers.

kleiner, die Zwischenräume zwischen ihnen nehmen mit der Dauer der Wasserkultur immer zu, bis sie schließlich ein Vielfaches (in extremen Fällen bis zum 6fachen) der Blattbreite betragen. Das Zellnetz lockert sich übermäßig auf und der Chlorophyllgehalt wird immer kleiner. Daraus resultiert eine sehr hellgrüne, manchmal geradezu weißlich erscheinende Färbung. Die Anzahl der Rhizoiden wird immer geringer, im ungünstigsten Fall werden überhaupt keine mehr gebildet. Stark saure Wässer (cf. Tabelle) töten die Pflanzen in spätestens 4—5 Tagen, ohne daß auch nur die geringste Wachstumsreaktion bemerkbar wird. *Fissidens adiantoides* zeigt eine besonders starke Empfindlichkeit gegen Veralgung und ist auch aus diesem Grunde für eine Kultur im Freien wenig geeignet. Die Konkurrenzfähigkeit anderen Pflanzen gegenüber ist unter Wasser außerordentlich gering, auch nicht einmal auf festem Substrat sehr stark, wie man ja in der Natur leicht beobachten kann.

Eine gut entwickelte Wasserform zeigt schmale, bis zu 40 cm lange Sprosse. Die ursprünglichen Landblätter gehen allmählich zugrunde, überwuchert von einem dichten Rhizoidenfilz. Dieser löst sich langsam auf und macht

charakteristischen Büscheln Platz, die sich nicht auf die untere Region beschränken, sondern sich auch zwischen den Blättern, sogar auf deren Unterseite, bilden können. Sie ergänzen sich immer wieder. Aus allen Teilen entwickelt sich auf Agar leicht, in längstens 2–3 Tagen, sekundäres Protonema. Auch das ist, nächst der einfachen Rückkultur, ein gutes Merkmal gegenüber der geschädigten Wasserform, die dazu nicht mehr imstande ist. Natürlich muß bei so großer Sproßlänge ein rasenähnlicher Zusammenhang verlorengehen. Die starke Einheitlichkeit, die einen *Fissidens*-Rasen unter normalen Verhältnissen auszeichnet, verschwindet ganz. Ebenso schließen sich die Blätter nicht mehr so dicht aneinander an, wie bei der Landform. Sie stehen immer etwas voneinander entfernt, was durchaus kein Zeichen der Schädigung sein muß. Die Blattform als solche bleibt ungefähr erhalten, wird nur ein wenig schmäler. Auch sind die Blätter immer kleiner als gewöhnlich und gehen bis auf $\frac{1}{3}$ der Normalgröße herab. Ein Dorsalflügel findet sich immer. Die Rippe geht auch unter Wasser in allen Fällen bis zur Spitze durch, verliert aber ihre braunrote Farbe und wird grün, wenigstens in der Blattregion. Die Pflanze wird mit der Zeit einsprossig dadurch, daß nur ein Glied des ursprünglich mehrsprossigen im Wachstum gefördert wird, alle übrigen zuerst zurückbleiben, dann absterben. Der gesägte Rand setzt sich nicht mehr bis zur Blatthälfte herab fort, sondern reicht bei den zuerst (nach Beginn der Wasserkultur) gebildeten Blättern nur bis etwa zum oberen Viertel, fällt später noch weiterhin fort, bis er schließlich nur die Gegend unmittelbar um die Spitze einnimmt. Der helle, deutlich abgesetzte Zellrand, der normale *Fissidens*-Blätter charakterisiert, schwindet. Die Randzellen sind bei Wasserformen ebenso chlorophyllreich bzw. -arm, wie die des inneren Blattes und unterscheiden sich auch in der Stärke ihrer Membranen nicht mehr von diesen. Das Zellnetz verändert sich in der Form der Einzelzellen nicht, abgesehen von einer gewissen Auflockerung. Die Membran wird ganz farblos. Natürlich enthalten, wie immer unter Wasser, so auch hier die Zellen wesentlich weniger Chlorophyll als am Land.

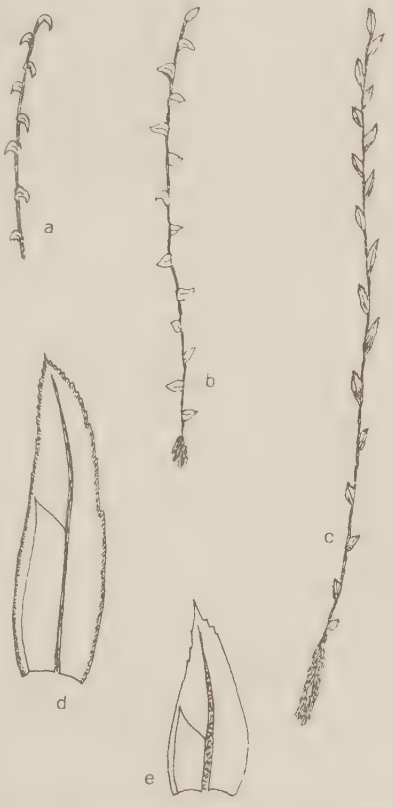

Fig. 5. *Fissidens adiantoides*. a Wassersproß, schwach sauer; b Wassersproß, etwa neutral; c Wassersproß alkalisch; d Blatt, „trocken"; e Blatt, submers.

In der gleichen Richtung verändert sich auch der Stengelquerschnitt. Bei Landpflanzen sind etwa 3—4 Zellreihen des Randes mit stark verdickten, deutlich rot bis gelbrot gefärbten Membranen umgeben. Die Parenchymzellen, die den Übergang zum teilweisen verholzten Zentralzylinder bilden, sind nur mäßig groß, aber es besteht doch ein wesentlicher Größenunterschied zwischen ihnen und den Zentralzellen, die meist nur etwa $^1/_4$ ihrer Größe erreichen. Zwar sind auch bei der Wasserform hier noch Unterschiede zwischen den einzelnen Zellgruppen vorhanden, aber sie verschwinden mehr und mehr. Eine Färbung der Außenzellmembranen ist sehr bald bei einem unter Wasser gebildeten Sproß nur noch in der Außenzellreihe deutlich sichtbar, ebenso schwindet die deutliche Holzreaktion des Zentralzylinders, der sich schließlich nur noch durch dichteren Zellinhalt vom Parenchym unterscheidet. Unter Wasser gebrachte Antheridien- bzw. Archegonienstände gehen zurück, unreife Kapseln kommen nicht zur Vollreife. Es ist, selbst zur Zeit stärkster Antheridienbildung, nicht möglich, in der Kultur solche in noch funktionsfähigem Zustand unter Wasser anzutreffen. Dafür ist jedoch die vegetative Vermehrung eine äußerst lebhafte.

In der Natur habe ich diese Wasserform nie beobachten können. Bei den gelegentlich eintretenden Überschwemmungen der sehr feuchten Standorte erhalten sich für nur kurze Zeit die Landformen, die dann nach dem Verlaufen oder Versickern des Wassers weiterwachsen. Zwar werden dabei die unterwässerten Blätter braun, aber es tritt sehr bald Ersatz für sie ein. Dauert die Überschwemmung an, gehen die Pflanzen durch Fäulnis zugrunde, falls sie nicht imstande sind, mit Hilfe langer, dünner Sprosse den festen Boden zu erreichen, wo sich dann wieder die Normalform bildet. Die dünnen Sprosse gehen nach dem Übergang bald zugrunde. Ich habe an ihnen nie größere Längen als 20 cm gemessen. Die Tabelle auf S. 21 gibt eine Übersicht über das Verhalten im verschieden sauren bzw. alkalischen Medium. Es muß noch erwähnt werden, daß alle Tabellen dieser Art immer auf eine große Reihe von Kulturen zurückgehen, die in der Zahl nicht in jedem Fall vollständig genau festlagen, aber die Zahl 6 nie unterschritten. Tabelle wie Zeichnungen zeigen die wesentlich beste Beschaffenheit für die höchsten pH-Werte, und Pflanzen aus solchen Kulturen sind es auch, die ich als „gute Wasserform" oben beschrieben habe. Um für *Fissidens adiantoides*, dessen Vorliebe für Kalkböden ja bekannt ist, die Kardinalpunkte im Kalkgehalt des Kulturwassers festzustellen, stellte ich „reine Kalkkulturen" mit variiertem Kalkgehalt her. Ich kultivierte Pflanzen in destilliertem Wasser, dem ich verschiedene Mengen Kalk zugefügt hatte. Nach Einleitung von Kohlensäure wurde filtriert und der Kalkgehalt auf dem üblichen Wege in der Lösung bestimmt. Es entsprechen dabei:

1.	150	mg	CaO	pro	Liter	.	.	.	267	mg $CaCO_3$
2.	200	„	„	„	„	.	.	.	356	„ „
3.	300	„	„	„	„	.	.	.	534	„ „
4.	350	„	„	„	„	.	.	.	623	„ „
5.	400	„	„	„	„	.	.	.	712	„ „

Bei wiederholten Kalkbestimmungen ergaben sich bereits nach 2 Tagen recht merkliche Differenzen von 4—6 mg CaO pro Liter, da infolge des Entweichens von CO_2 die Löslichkeit wieder erschwert wurde. So sind Lösungen dieser Art niemals lange brauchbar, solche Kulturen können daher nicht länger als 4—5 Wochen beobachtet werden. Das war auch nicht notwendig, denn schon diese verhältnismäßig kurze Zeit zeigte mir den hohen Gehalt an Kalk, den dies Moos bevorzugt. Da eine Veränderung des Kalkgehaltes um wenige Milligramm keinen merklichen Einfluß zeigte, ließ sich trotz des unvermeidlichen Ausfalls mit den Resultaten arbeiten. Die einfache Sproßzunahme, in Millimeter angegeben, betrug nach:

Tage	in Lösung:				
	1.	2.	3.	4.	5.
5	8	11	19	7	5
10	10	18	25	10	8
14	15	24	30	16	abgestorben
18	23	32	41	21	—
22	31	37	49	29	—
26	42	50	65	34	—

Ich muß hierbei angeben, daß es sich bei den obigen Werten um Durchschnittsresultate handelt. Einen Durchschnitt zog ich aber erst dann, wenn sich die Einzelwerte um mindestens 10 % einander näherten. Dabei wurde beachtet, daß die in die mindestens 6 Serienkulturen eingelegten Pflanzen in den Dimensionen möglichst miteinander übereinstimmten. Diese beiden Übereinstimmungen waren übrigens ziemlich leicht zu erzielen. Auf diesem Wege läßt sich zwar keine mathematisch-chemische Übereinstimmung erreichen, aber auf jeden Fall resultiert eine gute Übersichtlichkeit, und die oben verzeichneten Tabellen zeigen das Optimum sehr hoch, bei Lösung 3, d. h. bei einem Gehalt von 300 mg CaO pro Liter. Das Maximum liegt diesem recht nahe, bei Lösung 4, d. h. 350 mg CaO pro Liter. Erstaunlich war mir, daß auch die schwächste Lösung 1 noch so deutliche, dabei gute Resultate lieferte. Ich habe sie in weiteren Kulturen in der Konzentration noch unterschritten und ein Minimum von etwa 50 mg CaO festgestellt. Bei 30 mg starben die Pflanzen ab.

Interessant ist ferner der schon kurz erwähnte Umstand, daß bei kleinen Differenzen im Kalkgehalt sich kein Wachstumsunterschied wahrnehmen ließ. Das Minimum der Empfindlichkeit liegt zwischen 15 und 20 mg CaO pro Liter, also ziemlich hoch. Dabei nimmt die Empfindlichkeit mit zunehmendem, allgemeinem Kalkgehalt ab, so daß die stärkste Empfindlichkeit um das Minimum herum liegt, für das die angegebenen Zahlen auch gelten.

Im Vergleich zu den obigen Kalkwerten möchte ich angeben, daß bei Analysen des Rüdersdorfer Kalksees z. B. von mir an CaO pro Liter maximal 97,0 mg gefunden wurde; der Jahresdurchschnitt von Analysen dieses Sees liegt noch tiefer, bei 94,7 mg. Daraus ersieht man, wie hoch die von *Fissidens* mühelos ertragenen Kalkkonzentrationen im Vergleich zu solchen in der Natur sind!

In Gegenwart anderer Nährsubstanzen verschiebt sich das Optimum nicht, wohl aber das Maximum.

Eisensalze wirken schon in geringer Konzentration schädlich. Schon Kulturen mit 0,1—0,3 mg Fe_2O_3 (als Oxydul) im Liter wurden stark gehemmt und gingen später zugrunde.

Chlor wird in geringen Mengen recht gut ertragen, besonders in der Form der Alkalichloride.

Octodiceras Brid.

Octodiceras Julianum.

Material dieses ziemlich selten vorkommenden Mooses wurde mir aus dem Salzkammergut freundlichst zur Verfügung gestellt. *Octodiceras* wächst ja an sich flutend, z. B. in Brunnentrögen und Bächen, so daß die Normalform für dieses Moos die submerse ist. Es blieb mir daher nur übrig, festzustellen, daß es mittlere pH-Werte bevorzugt, extreme meidet. In stark saurem, wie auch in stark alkalischem Medium geht es in kurzer Zeit ein. Trockenkulturen ließen sich nur von ganz besonders kräftigen Pflanzen machen und gediehen nur in sehr feuchter Luft, aber selbst dort noch sehr langsam.

Ich legte ganze Pflanzen auf Erde in Doppelschalen, deren Gürtel ich mit stets feucht gehaltenem Fließpapier auskleidete. Die Luft mußte immer so feucht sein, daß sich am Deckel Tropfen kondensieren konnten. Eine zu hohe Temperatur (über 25°) wirkt ziemlich schädigend. Da sich in diesen geschlossenen Schalen die Temperatur leicht beträchtlich erhöht, ist eine Kühlung notwendig, die im Winter durch Einsetzen in ein Wasserbad, im Sommer durch Eisunterlage besorgt werden kann. Die Temperatur muß möglichst oft kontrolliert

Luft		
pH	5,0—6,5	6,5—7,5
Sproßlänge:	6—8 cm	Bis 11 cm
Blattform:	Stark lanzettlich, grün, braungesäumt, glatt, umgeschlagen	Stark lanzettlich, grün, braungesäumt, glatt, umgeschlagen
Rippe:	Rot, gezähnt, aus der Spitze austretend	Rot, gezähnt, aus der Spitze austretend
Stengel:	Rötlich, stark, dichter Filz	Rötlich, stark, dichter Filz
Verzweigung:	Selten verzweigt	Unregelmäßig
Blattstellung:	Abstehend	Abstehend
Zellen:	6seitig bis rhombisch, nicht immer regelmäßig. Viel Chlorophyll. Am Rand getüpfelt	6seitig bis rhombisch, nicht immer regelmäßig. Viel Chlorophyll. Am Rand getüpfelt

werden. Das tat ich mit einem durch den Deckel mit Korkstopfen hindurchgeführten Thermometer.

In der Trockenkultur wurden die neuen Blätter frisch grün und wesentlich breiter als die alten. Die Spitzen der Pflanzen richteten sich auf. So konnte ich Trockenpflanzen bis zu 6 cm Höhe kultivieren. Höhere habe ich nie beobachtet. Auch von diesen scheinbar gut entwickelten Moosen kam nur wieder ein Teil gut fort, wenn sie in das Wasser zurückgebracht wurden.

Um Serienkulturen mit verschiedenen Substanzen anstellen zu können, hätte ich mehr Material und Kenntnis verschiedener Standorte gebraucht. Daher kann ich Parallelen zur *Fissidens* jetzt noch nicht ziehen. Jedenfalls läßt sich sagen, daß keine starke Vorliebe für große Kalkmengen vorhanden zu sein scheint, wohl aber eine gewisse Säurefeindlichkeit. Für den optimalen pH-Wert würde ich 7—8 halten.

Bryum Dill.

Bryum ventricosum.

Der pH-Bezirk für die verschiedenen Formen dieser Spezies ist recht weit. Es können im sauren ebenso wie im alkalischen Medium gute, lebenskräftige Pflanzen wachsen. Nach den Erfahrungen, die ich in meinen Kulturen wie an den natürlichen Standorten zu machen Gelegenheit hatte, liegen die Grenzen etwa bei pH = 4.8 und 7,5. Auf geringe Schwankungen der Azidität tritt auch hier keine merkliche Reaktion ein. Unterschiede im Verhalten lassen sich erst bei Differenzen von 0,5 im pH-Gehalt aufwärts mit Sicherheit feststellen.

Stärker saure Wässer als mit pH = 4,8 können wohl für kurze Zeit ertragen werden, hemmen aber das Wachstum ganz und töten nach etwa 10 Tagen

Submers			
4,0—5,0	5,0—6,5	6,5—7,5	7,5—8,8
Bis 10 cm	Selten > 10 cm	18—20 cm	15 cm
Bis ¾ normalgroß, Form unverändert, umgeschlagen	½ normalgroß, Form unverändert, Rand nicht umgeschlagen	⅓ normalgroß, Form schmal, Rand nicht umgeschlagen.	Meist > ⅓ normalgroß, sehr schmal, fast schuppig. Rand nicht umgeschlagen
Grün, stark, ungezähnt etwas austretend	Grün, stark, ungezähnt etwas austretend	Grün, stark, ungezähnt, etwas austretend	Grün, stark, ungezähnt etwas austretend
Grün, stark, unten rötlich mit dichtem Filz	Grün, stark, unten rötlich mit dichtem Filz	Grün, schlaff, nur noch wenige Rhizoidenbüschel	Grün, dünn, sehr schlaff, meist ohne Rhizoiden
Meist unverzweigt	Meist unverzweigt	Einfach verzweigt	Einfach verzweigt
Sparrig abstehend, ohne größere Zwischenräume	Senkrecht abstehend, ohne größere Zwischenräume	Nach unten gekrümmt, große Zwischenräume	Stark gekrümmt, große Zwischenräume
Stark aufgelockert, meist länglich 6seitig. Viel Chlorophyll, selten Tüpfel. — Rückkultur: +	Stark aufgelockert, meist länglich 6seitig. Viel Chlorophyll. Selten Tüpfel. Rückkultur: +	Sehr locker, wenig Chlorophyll, rundlich. Rückkultur: ±	Sehr locker, sehr wenig Chlorophyll, rundlich. Rückkultur: —

schon die Pflanze vollkommen ab. Es entsteht in der Zwischenzeit weder Sproßverlängerung noch neue Sproß- oder Blattbildung. Bringt man solche Pflanzen, solange sie noch leben, in schwächer saures oder alkalisches Medium, so zeigen sie anfangs ein übermäßig gefördertes Wachstum bei nur sehr schlechter Blattbildung. Erst nach längerer Zeit wird die Blattbildung wieder normal. Tabelle (S. 26/27) und Zeichnungen zeigen, daß mit zunehmender Alkalität das Längenwachstum gefördert wird, während die Blattbildung abnimmt. Diese Beobachtung konnte ich bei allen Serienkulturen dieser Art machen, wobei keine Rolle spielte, welche Pflanzen als Kulturobjekte benutzt wurden oder von welchem Standort ich diese entnahm. Es geht aus allen darüber aufgestellten Tabellen ein gleiches hervor.

Leicht gelingen gute Wasserkulturen bei pH in den Grenzen von 4,8—6,5. Während bei saurem Wasser (pH = 4,0—6,6) eine durchschnittliche Sproßlänge von höchstens 10 cm (meist weniger), erreicht wird, steigt diese im alkalischen auf mehr als 20 cm an, noch mehr bei hohem pH. Die Blätter erreichen

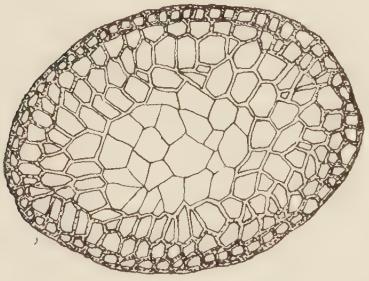

Abb. 6. *Bryum pseudotriquetrum*, Sproß, submers.

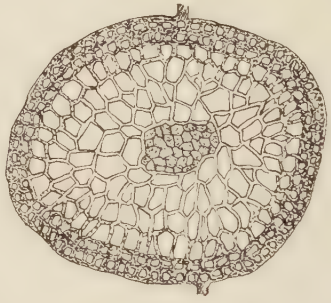

Abb. 7. *Bryum pseudotriquetrum*, Normalsproß, quer.

im sauren Medium eine Größe, die immerhin auf $^3/_4$ des normalen Blattes kommt und in der Richtung weichen die Blätter nur wenig von der Senkrechten zur Längsachse des Sprosses ab. Dadurch verleihen sie den Pflanzen ein sparriges Aussehen. Im alkalischen Medium erreichen die Blätter höchstens $^1/_3$ ihrer Trockengröße in der Länge, sind wesentlich schmäler und oftmals, in extremen Fällen immer, stark gekrümmt. Auch sind dann die Entfernungen der einzelnen Blätter voneinander außerordentlich groß. Hierbei wirkt der Stengel an den Blattansätzen schwach gekrümmt, ein Rhizoidenfilz wird nicht mehr ausgebildet. Nur in sehr seltenen Fällen erscheinen im stark alkalischen Wasser noch einige vereinzelte Rhizoidenfäden, meist auch das nicht mehr. Es finden sich prozentual mehr lebensfähige Pflanzen im sauren als im alkalischen Medium.

Auch hier spielt die Art der Säure, mit der die Kultur angesäuert wird, keine Rolle.

In der Natur lassen sich alle oben angegebenen pH-Werte leicht nachweisen, da dies Moos für keine bestimmte Pflanzengesellschaft charakteristisch ist, sondern fast an allen, wenn nur feuchten, Standorten gefunden werden

kann. Wirklich konkurrenzfähig wird es allerdings erst bei Neutralität bzw. schwacher Azidität. Kalk vermag es in mäßigen Mengen zu ertragen, ist aber naturgemäß im Kampf mit speziell kalkliebenden Moosen nicht erfolgreich.

Die beste Wasserform zeigt noch fast alle wesentlichen Eigenschaften der Landform. Die Stengel bleiben starr, erhalten auch nach monatelangem Wachstum unter Wasser nicht die Biegsamkeit, die für Wasserpflanzen jeder Art oft so charakteristisch ist. Auch die rötliche Färbung bleibt erhalten. Der Querschnitt zeigt noch ziemlich verdickte Randzellen mit braunrot gefärbten Membranen. Verzweigung tritt selten auf. Wenn sie vorkommt, ist sie höchstens einfach. Typisch ist, daß im sauren Medium eine Verzweigung fast nie beobachtet wurde, im alkalischen dagegen wesentlich häufiger. Ein ähnliches Verhalten ließ sich bei allen von mir submers kultivierten Formen ausnahmslos feststellen: Ein höheres pH förderte die Verzweigung immer mehr als ein niederes. Das Variationsfähigste sind bei *Bryum* die Blätter. Allgemein zeigen sie das Fehlen des bei der Landform meist so scharf abgesetzten, braunen Randes, der dort auch immer umgeschlagen, hier glatt ist. Ihre Größe wächst mit Zunahme der Azidität, sinkt mit Zunahme der Alkalität. Wenn die pH-Werte nicht ins Extreme verändert werden, kann man nur durch Zugabe von Säure bzw. Alkali Formen mit großen Blättern in solche mit kleinen und umgekehrt beliebig oft überführen. — Während die Blattanordnung gegenüber der Normalform bei pH unter 7 keine wesentlichen Veränderungen zeigt, eine schwache Auflockerung und Bildung kleiner Zwischenräume ausgenommen, finden sich die Blätter an den fadenförmigen Sprossen des alkalischen Mediums nicht nur abstehend, sondern sogar nach unten abgebogen, so daß sie bei ihrer Kleinheit fast wie verkehrt stehende Schuppen wirken. Die Pflanzen sind nach längerer Kulturzeit nicht ohne weiteres von anderen Bryen zu unterscheiden (s. u.), wenn diese unter gleichen Kulturbedingungen gezogen wurden, da die Veränderung überall schnell in der gleichen Richtung vor sich geht. Die Blattform als solche bleibt, eine Breitenveränderung ausgenommen, völlig unverändert. Es differieren nur Größe, Stellung und Richtung der Blätter. Die Zellen werden größer, verlieren ihre charakteristische Regelmäßigkeit, können einfach rundlich werden. Das ist aber schon ein Zeichen der Schädigung und geht mit einem starken

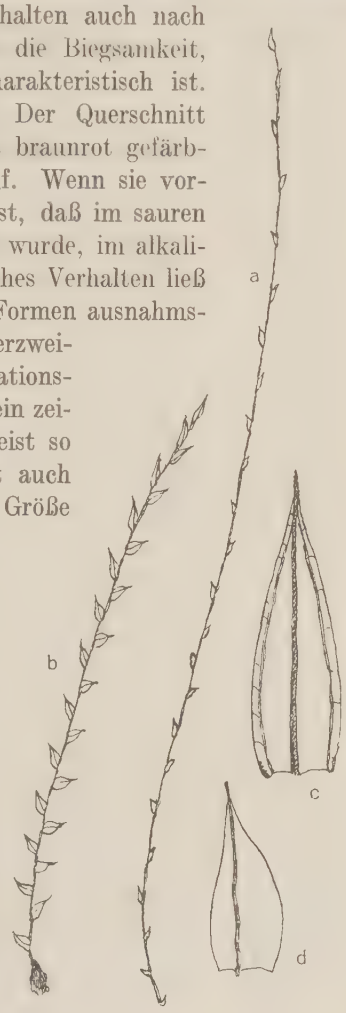

Abb. 8. *Bryum pseudotriquetrum.* a Wassersproß, alkalisch; b Wassersproß, neutral bis schwach sauer; c Blatt, „trocken"; d Blatt, submers.

Chlorophyllverlust meist Hand in Hand. Dieser nimmt mit zunehmender Alkalität des Mediums ebenfalls zu.

Kalkkulturen lieferten keine befriedigenden Resultate. Schon bei einem Gehalt von 50 mg CaO wurde das Längenwachstum zwar übermäßig gefördert, ging aber die Blattbildung gleichzeitig auffallend zurück. Es entstanden lange Fäden von sehr zarter Beschaffenheit, die zur Bildung weiterer Sprosse nicht mehr imstande waren. Sie starben schon nach 2—3 Wochen völlig ab. Die Schädigung war in allen Fällen so stark, daß es auch mit größter Sorgfalt nicht mehr gelang, aus solchen Formen lebenskräftige Pflanzen zu erzielen. Eisensalze wurden bis zu 0,5 mg Fe_2O_3 (als Oxydul) pro Liter gut ertragen.

Bryum bimum.

Abb. 9. *Bryum bimum*, Wassersproß, Mediom-schwach sauer.

Dies verhält sich außerordentlich ähnlich wie *Bryum ventricosum*, nur ist der günstige pH-Bezirk wesentlich enger als dort. Es wird immer Säure verlangt, pH mindestens gleich 6,5; schon Neutralität des Mediums verursacht Schädigungen, die oft irreversibel sind. Gute Wasserformen werden nicht über 15 cm lang, zeigen typische, etwas verkleinerte Blätter, sehr ähnlich der Landform, bei nicht zu großen Zwischenräumen. Die Randzellen, die auch hier in der Landform eine besondere Rolle spielen, gleichen sich den übrigen Blattzellen an, in der Farbe und Form. Die Rippe wird grün, tritt in keinem Fall mehr an der Spitze aus. Eine allgemeine Zellauflockerung macht sich bemerkbar, verbunden mit nur leichter Chlorophyllreduktion. Kriterium für geschädigte Wasserformen ist ein Übermaß in diesen beiden Punkten, ferner das völlige Fehlen von Rhizoiden, das in der Säure niemals eintritt. (Analoges Verhalten wie *Bryum ventricosum*.) Eine große Konkurrenzfähigkeit ist schon der großen Anforderungen, die an die Säure des Mediums gestellt werden, nicht möglich. Das Moos wird außerordentlich leicht durch andere verdrängt. Dabei spielt in erster Linie das wesentlich anpassungsfähigere *Bryum ventricosum* eine Rolle. Kalk wirkt schon unterhalb von 50 mg pro Liter giftig, Fe_2O_3 wird nur bis 0,1 mg pro Liter ertragen.

Bryum neodamense.

Hierbei haben wir einen kalkliebenden Vertreter der Gattung *Bryum* vor uns. Auch hier hat eine starke Spezialisierung stattgefunden, die darin zum Ausdruck kommt, daß das Moos über kalkhaltige Stellen hinaus niemals zur Ausbreitung gelangt. Mindestens 100 mg pro Liter werden an Kalk verlangt.

Unter Wasser bleibt die Starre der Stengel erhalten, ebenfalls der Filz. In guten Fällen beträgt die Länge 15—20 cm. Die eilängliche Blattform bleibt erhalten, nur wird die ursprüngliche Größe nicht erreicht. An der Trockenform ist das Blatt hohl, im Wasser wird es glatt. Die Zellen verhalten sich wie bei

anderen Arten. Das pH-Optimum liegt bei etwa pH = 7,5—8. Eisen wirkt schon in den geringsten Mengen schädlich.

Auch hier zeigt sich ohne weiteres die große Vorliebe für Kalk aus dem hohen Optimum bei Lösung 4. Zusammenfassend läßt sich bei den 3 untersuchten Arten der Gattung *Bryum* folgendes über eine ungeschädigte Wasserform sagen: Die Pflanzen behalten auch unter Wasser die starre Konsistenz der Landform und sind im äußeren Habitus wenig veränderungsfähig. Stark verändert durch Blattverteilung und entstehende Schlaffheit des Stengels sind nur die Formen, die keine Trockenpflanzen mehr zu erzeugen vermögen. Die Blattform bleibt erhalten, es verändert sich nur Größe,

Tabelle der Kalkkulturen.

Tage	Lösung				
	1.	2.	3.	4.	5.
5	7	9	11	12	6
8	8	11	13	15	7
12	10	13	16	19	8
16	12	15	21	25	8
21	14	24	24	28	9
26	16	20	26	31	10
29	18	21	29	35	10

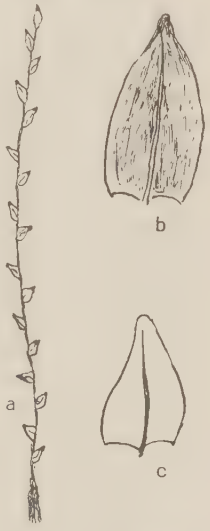

Abb. 10. *Bryum neodamense.* a Wassersproß, alkalisch; b Blatt, „trocken"; c Blatt, submers.

Rippe, Richtung und Zellstruktur. Die Rhizoiden fehlen bei lebenskräftigen Pflanzen nie. Zu starker Chlorophyllschwund ist ebenfalls ein Zeichen weitgehender Schädigung. Die Reihe Säure—Neutralität—Alkali geht von *Bryum bimum* über *Bryum ventricosum* zu *Bryum neodamense*, wobei das mittlere, *Bryum ventricosum*, die bei weitem konkurrenzfähigste und unspezialisierteste der 3 Formen ist. Sie verbindet die beiden Extreme miteinander und greift in deren Gebiete über, allerdings mit einer deutlichen Vorliebe für saure Beschaffenheit des Mediums.

Zu bemerken wäre noch, daß die Wasserformen aller 3 einander stark ähneln, oft so stark, daß nur die Rückkultur eine einwandfreie Bestimmung ermöglicht. Das geht auch aus den Zeichnungen hervor.

Eisen wird von allen dreien in gleicher Weise in nur geringer Menge ertragen.

Cinclidotus P. B.

Cinclidotus aquaticus.

Auch hier handelt es sich, wie schon einmal bei *Octodiceras*, um ein Wassermoos, bei dem die Wasserform als die natürliche oder die „Normalform" anzusehen ist; Material davon wurde mir freundlichst vom Rhein zugesandt (Linz, Koblenz). Das Moos ist in hohem Maße kalkliebend, daher ließen sich Kalkkulturen davon mit großer Leichtigkeit anstellen. Die Kulturlösungen wurden auch hier hergestellt, wie ich es schon einmal bei *Fissidens adiantoides* beschrieben habe. Dabei zeigte sich, daß in den dort erhaltenen Grenzen ein

Maximum noch nicht zu erzielen war. Ich brachte also Pflanzen in die Lösungen 1—5, und außerdem in 2 weitere, die 450 und 500 mg CaO enthielten. Die Anzahl der Einzelkulturen betrug hier für jede Reihe 5. Es ergaben sich folgende Sproßzunahmen, in mm ausgedrückt:

Tage	Lösung						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
6	12	15	19	23	31	30	16
11	19	21	26	31	43	41	18
15	21	26	31	39	51	49	18
19	21	29	38	45	60	57	4
22	—	34	42	48	68	64	—
25	—	37	48	54	75	69	—

Hieraus läßt sich leicht ersehen, wie große Mengen Kalk *Cinclidotus aquaticus* ertragen kann. Optimum und Maximum liegen nahe beieinander, bei 5 und 7, das Minimum erst bei 2. Eine äußere Verschiedenheit tritt, mit Ausnahme der ungleichen Längenzunahme, bei allen Kalkkulturen nicht auf; die Farbe wird dunkler, rein grün, und die kahlen Stellen an den Stengeln verschwinden. Zelländerungen konnten nicht beobachtet werden. — Auf Erde läßt sich das Moos in feuchter Luft sehr leicht ziehen, bildet dann 3—4 cm lange Sprosse, die stark, hellgrün und sehr gut lebensfähig sind. Die Blätter bleiben einseitswendig und behalten ihre schmallanzettliche Form. Ihre Größe und Breite nimmt ein wenig zu, auch zeigen sie eine leichte Längsfaltung. Zellveränderungen treten auch hier nicht auf.

Cinclidium Swartz.

Cinclidium stygium.

Der Seltenheit seines Vorkommens entsprechend, ist *Cinclidium stygium* weitgehend spezialisiert. Ich fand es nur an sauren Standorten mit einem pH nicht über 6,0, meist darunter. Es ist leicht durch andere Moose zu verdrängen.

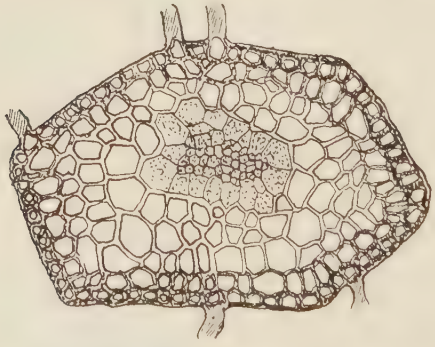

Abb. 11. *Cinclidium stygium*, Normalsproß, quer.

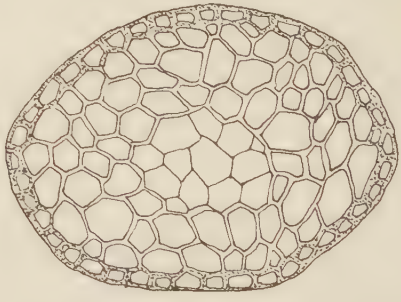

Abb. 12. *Cinclidium stygium*, Sproß, submers.

Nur schwach gedeiht es unter Wasser und findet sich daher in der Natur nicht in submersen Formen. Wird es durch Überflutung unter Wasser gezwungen, geht es, falls diese lange dauert, ein.

Serienkulturen mit verschiedenem pH-Gehalt waren kaum erfolgreich, da bereits im neutralen Medium keine Sproßverlängerung mehr eintrat. Dabei starben die Pflanzen nach wenigen Tagen ab. Gute Wasserformen entstanden im sauren Medium bei pH = 4—5. Die Pflanzen wurden bis zu 15 cm hoch, behielten ihren starken, bräunlichen Wurzelfilz. Die Blattform veränderte sich, wurde eilanzettlich, die Spitze stumpfte ab. Der ausgesprochen charakteristische, durch einige Zellreihen gebildete, bräunliche Rand verschwand, die großen Innenzellen lockerten sich noch weiter auf, verloren viel Chlorophyll und fast alle Tüpfel. Die Rippe wurde dünner, erschien in manchen Fällen nicht mehr bis zur Spitze durchgeführt. Der rötliche Stengel wurde unter Wasser immer grün.

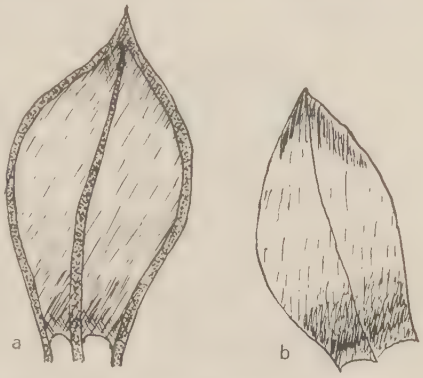

Abb. 13. a Blatt, normal; b submers.

Ein so starker Unterschied ist charakteristisch für alle die Moose, die sich gegen die Kultur unter Wasser sträuben.

Eine ziemlich starke Kalkfeindlichkeit besteht hier, schon 25 mg CaO pro Liter wirken in kurzer Zeit tödlich. Dagegen kann Fe_2O_3 bis zu 0,9 mg pro Liter ertragen werden, ohne merkliche Schädigung zu verursachen. Das ist die größte Menge, die ich davon bei Moosen überhaupt beobachten konnte.

Aulacomnium Schwgr.

Aulacomnium palustre.

Schon die Standortsangaben allein zeigen, daß dies Moos ein sehr weites Verbreitungsgebiet umfaßt. Wenn es auch die stärksten Extreme meidet, so findet es sich doch in guter Ausbildung im stark sauren, im neutralen und im alkalischen Gebiet.

Die Tabelle (S. 34/35) zeigt, daß sich hier auch mit zunehmendem pH eine immer größere Sproßlänge findet bei mehr und mehr reduzierter Blattentwicklung. Die Blattform selbst ist außerordentlich konstant, Veränderungen zeigen nur Rand, Rippe, Zellen und Größe. Als deutlich lebensfähig möchte ich die im sauren bis neutralen Medium gewachsenen Formen bezeichnen, während sich im stark alkalischen Kulturwasser wenigstens in manchen Fällen Zweifel erheben könnten, die mindestens das Prädikat ± bedingen. Die Kulturpflanzen in saurer Umgebung kommen in der Länge etwa den Trockenpflanzen gleich, bleiben zwischen 10 und 15 cm, im Gegensatz zu den Alkalikulturpflanzen, die 20 und mehr cm erreichen.

Eine Verzweigung fehlt meist. Ich erwähnte schon, daß eine deutliche Veränderung der Blattform an sich nicht eintritt. Diese ist überhaupt bei den meisten Moosen am konstantesten, unterliegt der geringsten Veränderung.

Dagegen wird der Rand unter Wasser nicht gerollt und zeigt oft keine Zahnung mehr. Die Rippe verliert wesentlich an Länge und geht nur selten noch über die Blatthälfte hinweg. Ihre grüne Farbe zeigt nur noch einen schwachen Stich ins Gelbliche, die deutlich braune Farbe der Landform verliert sich vollkommen. Oft erscheint sie durch viele ganz inhaltlose Zellen fast weißlich, wie dies besonders im stark alkalischen Medium zum Ausdruck kommt. Von hellerer Farbe ist auch der Stengel, der aber immer deutlich braunstichig bleiben muß, wenn die Pflanze gut entwickelt ist. Erst wenn diese geschädigt ist, wird auch er rein grün. Im Gegensatz zu *Bryum* verliert er unter Wasser seine Festigkeit, wird außerordentlich zart, ja schlaff. Den charakteristischen, roten Filz verlieren nur stark alkalische Formen, bis ins neutrale Medium bleibt er in unveränderter Form erhalten. — Die Blattstellung variiert ein wenig. Im sauren Medium zeigt sich eine gewisse Sparrigkeit, die durch die etwas abstehenden Blätter hervorgerufen wird. Dabei sind hier die Zwischenräume aber

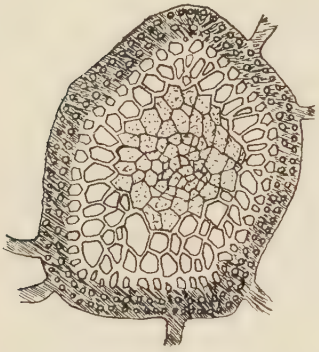

Abb. 14. *Aulacomnium palustre*, Normalsproß, quer.

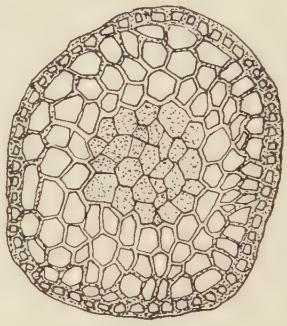

Abb. 15. *Aulacomnium palustre*, Sproß, submers.

	Luft	
pH	5,0—6,5	6,5—7,5
Sproßlänge:	Etwa 10 cm und mehr	10—12 cm
Verzweigung:	Meist nicht, höchstens einfach verzweigt	Meist nicht, höchstens einfach verzweigt
Blattform:	Breitlanzettlich, Rand an der Spitze gezähnt, umgerollt	Schmallanzettlich, Rand an der Spitze gezähnt, umgerollt
Rippe:	Unter der Spitze schwindend, bräunlich	Unter der Spitze schwindend, bräunlich
Stengel:	Bräunlich, fest, dichter, roter Filz	Bräunlich, fest, dichter, roter Filz
Blattstellung:	Wenig abstehend, oft anliegend	Anliegend
Zellen:	Unten bräunlich, oben rein grün, papillös, unregelmäßig rundlich	Unten bräunlich, oben rein grün, papillös, unregelmäßig rundlich

nicht ungewöhnlich groß. Mit ihrer Zunahme nimmt die Größe der Blätter ab. Die Sparrigkeit verliert sich ebenfalls. Die Blätter gleichen in den Extremformen kleinen Schuppen. Die Zellform wird wenig verändert, nur tritt starke Auflockerung ein, die in der höheren Alkalität mit einer starken Chlorophyllreduktion Hand in Hand geht. Dabei fällt an allen Wasserformen gemeinschaftlich das gänzliche Fehlen der Papillen auf, die beim normalen *Aulacomnium palustre* das Zellnetz charakterisieren. Vom sauren zum neutralen Medium läßt sich eine recht wesentliche Chlorophyllabnahme nicht wahrnehmen. Trotz einer starken Vorliebe für Säure kann von einer „Kalkfeindlichkeit" hier nicht die Rede sein. Ich fand in der Natur *Aulacomnium palustre* auch an kalkhaltigen Standorten. So ließen sich auch hier Kalkkulturen anstellen, die allerdings ein ziemlich niedriges Maximum zeigten.

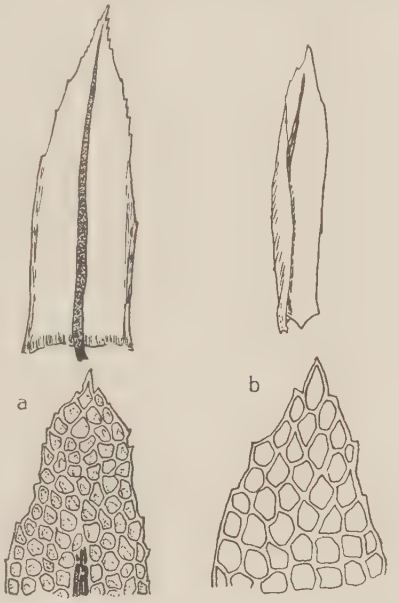

Abb. 16. a Blatt, normal; b submers.

Demnach wird ein Gehalt von 150 mg CaO pro Liter noch gut ertragen, viel weiter geht allerdings die Fähigkeit dazu nicht.

(Vgl. die Tabelle auf S. 36.)

Submers		
4,0—5,0	5,0—6,5	6,5—8,0
$\leqq$ 10 cm	Bis 15 cm	15—20 cm
Unverzweigt	Unverzweigt	Einfach verzweigt
Breitlanzettlich, fast normalgroß. Rand nicht gerollt, weniger gezähnt	Schmallanzettlich, etwa ½ normalgroß, Rand ungerollt, glatt	Schmal, ¼—⅓ normalgroß, Rand glatt, nicht gerollt.
Etwa bis Blatthälfte, gelbgrün	Etwa bis Blatthälfte, gelbgrün	Kaum bis Blatthälfte, sehr hellgrün bis farblos
Gelb- bis braungrün, zart, mit Filz	Gelb- bis braungrün, zart, mit Filz	Hellgrün, sehr schalff und dünn, ohne Filz
Etwas, aber noch im spitzen Winkel, abstehend	Etwas, aber noch im spitzen Winkel, abstehend	Schuppig, mit langen Zwischenräumen
Aufgelockert, ohne Papillen, ziemlich unregelmäßig, rhombisch, Chlorophyll: normal. Rückkultur: +	Aufgelockert, ohne Papillen, ziemlich unregelmäßig, rombisch. Chlorophyll: normal. Rückkultur: +	Form: wie vorher. Sehr locker, nicht papillös, sehr wenig Chlorophyll. Rückkultur: ±

Abb. 17. *Aulacomnium palustre*, submers. a pH = 4,9; b pH = 6,4; c pH = 7,6.

Tage	Lösung		
	1.	2.	3.
5	15	12	6
11	18	14	8
15	21	17	8
18	24	17	—
23	27	—	—

Gegen Eisensalze besteht eine ausgesprochene Abneigung. Bereits ein Gehalt von 0,2 mg Fe_2O_3 konnte *Aulacomnium palustre* zur Flucht von dem betreffenden Standort veranlassen.

Im ganzen ist dies Moos außerordentlich gut dazu geeignet, schwächere zu überwuchern, selbst unter Wasser. Ein recht weiter pH-Bezirk und die Möglichkeit, ziemlich viel Kalk vertragen zu können, ohne jedoch an sein Vorhandensein gebunden zu sein, diese beiden Faktoren machen es dazu geeignet. Schon in der Einleitung erwähnte ich diese Eigenschaft für *Aulacomnium palustre*.

Aulacomnium palustre, var. *polycephalum*.

Auch diese Varietät hatte ich verschiedentlich Gelegenheit zu kultivieren und zu beobachten. Sie verhielt sich im wesentlichen wie *Aulacomnium palustre*, in Blattform, -richtung, -farbe, Sproßlänge und Zellgestalt. Die Bruchblätter verschwanden unter Wasser vollkommen, ebenso die zahlreichen Pseudopodien mit den Brutblättern. Diese lieferten nach einer kurzen Zeit des Wasserlebens nicht einmal mehr auf künstlichem Nährboden sekundäres Protonema.

Aulacomnium androgynum.

Dies ist eins der häufigsten, feuchtigkeitsliebenden Waldmoose. In der Natur bevorzugt es feuchte, schattige Standorte von neutraler bis alkalischer Beschaffenheit. Submers findet es sich gewöhnlich nicht.

Es sträubt sich stark gegen eine Wasserkultur. Wie ich schon oben bei anderen Formen erwähnte, ist ein starker Rhizoidenverlust ein Zeichen für eine merkliche Wasserscheu und Schädigung durch submerses Leben. Dies beobachten wir hier. Wenn *Aulacomnium androgynum* unter Wasser gebracht wird, färbt sich der dichte, rotbraune Rhizoidenfilz dunkler und dunkler, bis

er allmählich schwarz wird und abstirbt. Es ist wohl bekannt, wie leicht schon kleine Teilstücke des Rhizoidenfilzes von *Aulacomnium androgynum* auf Agar zur Protonemabildung zu bringen sind.

Folgender Versuch zeigte mir, wie stark im Wasser hier Rhizoiden geschädigt waren: Ich entnahm Pflanzen von 3 verschiedenen Standorten, entfernte von einem Teil von ihnen die Rhizoiden und erzielte von allen 3 Plätzen 100proz. Protonemabildung dieser. Die übrigen Pflanzen brachte ich mit allen nötigen Vorsichtsmaßregeln unter Wasser und entnahm an jedem 2. Tag

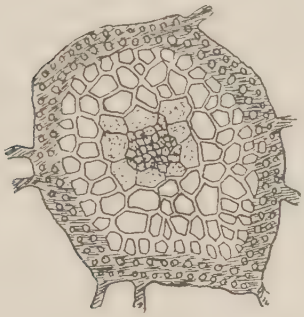

Abb. 18. *Aulacomnium androgynum*, Normalsproß, quer.

Abb. 19. *Aulacomnium androgynum*, Sproß, submers.

Abb. 20. a Blatt, normal; b submers.

einige von ihnen, um die Rhizoiden auf ihre Protonemabildung hin zu untersuchen. Diese war, in Prozenten ausgedrückt, etwa folgende:

	Standort	Tag									
		3.	5.	7.	9.	11.	13.	15.	17.	19.	21.
1	100	78	60	40	36	30	27	24	20	18	14
2	100	79	58	41	35	28	23	19	16	13	10
3	100	76	62	44	38	30	26	24	21	18	15

Die Rhizoiden verlieren unter Wasser allmählich ihre Entwicklungsfähigkeit, wie hieraus hervorgeht. Nur ganz wenige, vereinzelte bilden sich neu unter Wasser, die absolut kein Protonema mehr zu erzeugen vermögen.

Um die Protonemabildung in Prozentzahlen ausdrücken zu können, verfuhr ich folgendermaßen: Um keine Fehler durch verschiedene Kulturböden zu verursachen, benutzte ich eine Art von Plattensubstanz (Agar + Nährsubstanz + Erdabkochung in dem oben angegebenen Verhältnis). Diese wurde bereits vor Beginn der Versuche im ganzen hergestellt. Von den Pflanzen jedes Standortes wurden für diese Messungen jedesmal 3 Platten kultiviert. Um vergleichbare Werte zu erhalten, zupfte ich von der untersten Region der Sprosse Rhizoidenteile ab, da ich beobachtet hatte, daß diese in den verschiedenen Regionen sich etwas verschieden verhalten. Diese brachte ich dann in einer Formalinatmosphäre (zur Bakterienausschaltung) isoliert auf die Agarplatten, auf jede von diesen etwa 30—35 Einzelteile, jedes von der Länge von 10—12 mm. 5—6 Tage ließ ich die Platten unter einem schützenden Glassturz am Licht stehen. Dann wurden sie geöffnet und unter dem Binokularmikroskop bei schwacher Vergrößerung ausgezählt. Aus den 3 sich so für mich ergebenden Werten (die in allen Fällen gut übereinstimmten), berechnete ich das Mittel und drückte es in Prozenten, bezogen auf die Anzahl der in den einzelnen Platten vorhandenen Rhizoidenteile aus. Die erst später auszuzählenden Platten bleiben entsprechend länger ungeöffnet, da sich der entstehenden Bakterien wegen keine einmal geöffnete Kultur weiterkultivieren läßt, jedenfalls nicht zu quantitativer Beobachtung. Diese war allerdings, bezogen auf den einzelnen Rhizoidenteil, nur qualitativ, da ich auf die Länge und Stärke der entstehenden Rhizoiden nicht hierbei achten konnte. Zahlen ergaben sich eben aus der von vornherein festgelegten Anzahl der kultivierten Pflanzenteile. — So erhielt ich für die 3 verschiedenen Standorte (Finkenkrug, Spandau-West, Templin) gut übereinstimmende Resultate. — Die Rhizoidenteile wurden mit der Pinzette abgezupft, in Wasser gelegt, aus dem ich sie dann mit frisch geglühter Platinnadel auf die Platten brachte. Die Formalinatmosphäre wurde in einem „Impfkasten“ mit Hilfe von 4 formalingetränkten Schwämmchen erzielt, die 1—2 Stunden vor der Benutzung mit Formalin getränkt wurden. (Den Kasten stellte ich nach einem solchen für Hefekulturen in der Patzenhofer-Brauerei, Laboratorium, her. Er ist nach dem Prinzip des Kastens einer analytischen Waage gebaut.) Nach der hier angegebenen Methode verfuhr ich immer, um die Lebensfähigkeit der Rhizoiden zu prüfen, sofern diese im Charakterbild eines Mooses eine besondere Rolle spielten. Dies ist ein weiterer Weg, um die Eignung einer Nährlösung für die Kultur eines Mooses festzustellen, wie bei *Camptothecium trichodes* noch ersichtlich werden wird. Bei *Aulacomnium androgynum* verschwanden unter Wasser die Pseudopodien, die Blätter wurden wesentlich kleiner, gingen etwa auf ¼ der Normalgröße herab. Die Farbe war hellgrün, mit stark erweiterten, gänzlich papillenfreien Zellen. Die Pflanzen wurden schlaff und

sehr lang (bis zu etwa 25 cm) mit außerordentlich weiten Zwischenräumen zwischen den Blättern. Eine Rückkultur gelang nie, ganz gleich, in welcher pH-Beschaffenheit die benutzte Nährlösung sich befand, wie auch diese Wasserformen niemals am Leben blieben.

Paludella Schr.

Paludella squarrosa.

Dies so außerordentlich charakteristische Sumpfmoos sträubt sich sehr stark gegen eine Wasserkultur und geht in der Natur auch nicht ins Wasser hinein. Es zeigt eine starke Vorliebe für ein Medium, dessen Wasserstoffexponent pH etwa um 7 liegt, wobei schwache Säure und Alkalität in Abweichung davon noch ertragen werden. In schwach alkalischem Medium scheint der rötliche Stengelfilz zwar reduziert, ist aber noch gut lebens- und entwicklungsfähig und bildet in ziemlich kurzer Zeit Protonema. Auch die ganzen Pflanzen lassen Rückkultur zu. In stärker saurem Wasser gedeihen sie wesentlich schlechter und erscheinen auch schon ziemlich geschädigt.

Abb. 21. *Paludella squarrosa*, Normalsproß, quer.

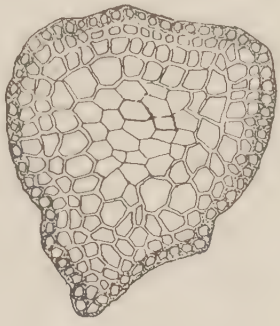

Abb. 22. *Paludella squarrosa*, Sproß, submers.

Abb. 23. *Paludella squarrosa*, Blatt, trocken.

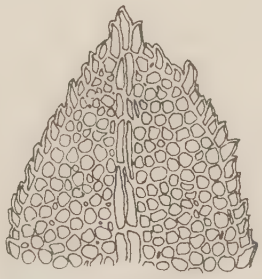

Abb. 24. *Paludella squarrosa*, Blatt submers, etwa neutral.

Eine gut entwickelte Wasserform von *Paludella* hat kaum noch Ähnlichkeit mit der Landform. (Vgl. die Tabelle auf S. 40.)

Die Länge wird bis auf 20 cm (nicht häufig darüber hinaus) gefördert, die Blätter sind kaum noch gebogen, nur noch abstehend mit einem schwach gesägten Rand. Die gelbgrüne Farbe wird dunkler, bis zu einem tiefen Saftgrün. Die Sprosse behalten die ihnen am Land eigentümliche steife Starre

	Luft		Submers
pH	6,5—7,5	5,0—6,5	6,5—7,5
Sproßlänge:	Etwa 15 cm	15—20 cm	20 cm und mehr
Verzweigung:	Oft unverzweigt, sonst einfach	Einfach	Einfach
Blatt:	Eiförmig, sichelförmig, umgebogen, gesägt	Eiförmig, kaum gebogen, Rand nur wenig gesägt. Etwa ¾ Normalgröße	Eiförmig, kaum gebogen, Rand nur wenig gesägt. Nur ½ normal groß
Rippe:	Dünn, gelb- bis braungrün, geht nicht zur Spitze durch	Grün, schlaff, dünn	Grün, mäßig stark
Stengel:	Braun, stark, mit dichtem, rotbraunem Filz	Grünlich, dünn, schlaff, wenige Rhizoiden	Gelbgrün, dünn, mehr Rhizoiden
Blattstellung:	Dicht anliegend	Abstehend, nicht gebogen, Zwischenräume mäßig	Schuppig, große Zwischenräume
Zellen:	Oben rund, stark mamillös, unten länglich, glatt. Viel Chlorophyll	Ohne Mamillen; oben wie unten rundlich, locker, wenig Chlorophyll. R.: —	Ohne Mamillen; oben wie unten rundlich, locker, wenig Chlorophyll. Aber R.: +

nicht bei, werden schlaff und flutend, was durch die sehr schmale Ausbildung des Stengels wesentlich begünstigt wird. Die Zellen sind nur leicht aufgelockert, zeigen auch unter Wasser noch verhältnismäßig viel Chlorophyll, niemals aber die so charakteristischen Mamillen.

Es besteht eine große Feindlichkeit gegen Eisen. Schon die Zugabe eines Eisensalzes in der geringsten Quantität (entsprechend 0,01 mg Fe_2O_3) wirkt stark schädigend, auf die Dauer tödlich. Kalk wird verhältnismäßig gut ertragen bis zu 150 mg pro Liter. (Optimum bei 125 mg.)

	Luft	
pH	6,8—7,5	7.5—8,8
Sproßlänge:	10—15 cm	10—20 cm
Verzweigung:	Vielfach verzweigt	Vielfach verzweigt
Blatt:	Eiförmig-lanzettlich, scharf zugespitzt, gesägt, unten faltig, Ränder gerollt	Eiförmig-lanzettlich, scharf zugespitzt, gesägt, unten faltig, Ränder gerollt
Rippe:	Am Grunde breit, bis zur Spitze durchgeführt, manchmal austretend	Am Grunde breit, bis zur Spitze durchgeführt manchmal austretend
Stengel:	Stark, rotbraun, dichter Filz	Stark, rotbraun, dichter Filz
Blattstellung:	Dicht, allseits anschließend	Dicht, allseits anschließend
Zellen:	Länglich, dicht grün	Länglich, dicht grün

Philonotis Brid.

Philonotis fontana.

Nicht nur gezwungen in der Kultur, sondern auch freiwillig in der Natur bildet *Philonotis fontana* schlaffe, flutende, dunkelgrüne Wassersprosse.

Es bereitet keine Schwierigkeit, diese auch in der Kultur zu erzielen. Während in der Natur neutrale bis stark alkalische Standorte bevorzugt werden, fand ich in der Kultur auch die Wirkung eines sauren Mediums nicht ungünstig. — Der pH-Bereich ist, trotz einer ausgesprochenen Vorliebe für Kalk, ziemlich groß. Das hebt *Philonotis fontana* aus dem Bereich der reinen Kalkmoose heraus und macht es stark konkurrenzfähig.

Die beste Wasserform bildet sich wohl im schwachalkalischen Medium. Die Pflanzen erreichen 25 cm Länge, sind vielfach unregelmäßig verzweigt. Die Blätter behalten ihre ursprüngliche Form etwa bei, nur verschwinden die Falten ganz. Ebenfalls wird der umgerollte Rand in allen Fällen glatt. Die Rippe wird dünner als bei der Landform, tritt niemals mehr aus, ja, sie geht nicht einmal immer bis zur Spitze durch. Niemals habe ich sogar bei solchen Kulturen, die von der fo. *aristinervis* abstammten, ein Austreten der Rippe unter Wasser beobachten können, trotzdem das wichtigste Kennzeichen dieser Form gerade in der starken, austretenden Rippe liegt. Die Blattstellung der Ursprungsform verändert sich in der üblichen Richtung. Die Blätter stehen ab und zeigen mehr oder weniger weite Zwischenräume. Die Zellen lockern sich leicht auf und verlieren das Chlorophyll in nur geringem Maße. Der Zentralstrang schwindet ganz.

Eisen wird bis zu 0,3 mg Fe_2O_3 pro Liter ohne Schaden ertragen. Kalkkulturen ließen sich mit Erfolg anstellen. Es ergab sich dabei die Tabelle auf S. 42.

Submers		
5,0—6,5	6,5—7,5	7,5—8,8
10 cm und weniger	20—25 cm	Bis 30 cm
Unregelmäßig	Unregelmäßig	Unregelmäßig
Eiförmig, nur noch schwach zugespitzt, ½ normalgroß, Rand glatt, ohne Falten	Eiförmig, schwach zugespitzt, ⅓ normalgroß, Rand glatt, ohne Falten	Eiförmig, schwach, zugespitzt, ⅓ normalgroß und kleiner, Rand glatt, ohne Falten
Dünn, vor der Spitze aufhörend	Dünn, bis zur Spitze durchgeführt	Dünn, bis zur Spitze durchgeführt
Schwach, grün, schlaff, wenig Filz	Schwach grün,, schlaff, etwas mehr Filz	Schwach, grün, sehr schlaff, kaum Filz
Entfernt, anliegend	Entfernt, abstehend	Entfernt, sehr abstehend
Länglich, 4seitig, aufgelokkert, wenig grün. R.: ±	Länglich, 4seitig, locker, hellgrün. R.: +	Länglich, 4seitig, locker, wenig grün. R.: ±

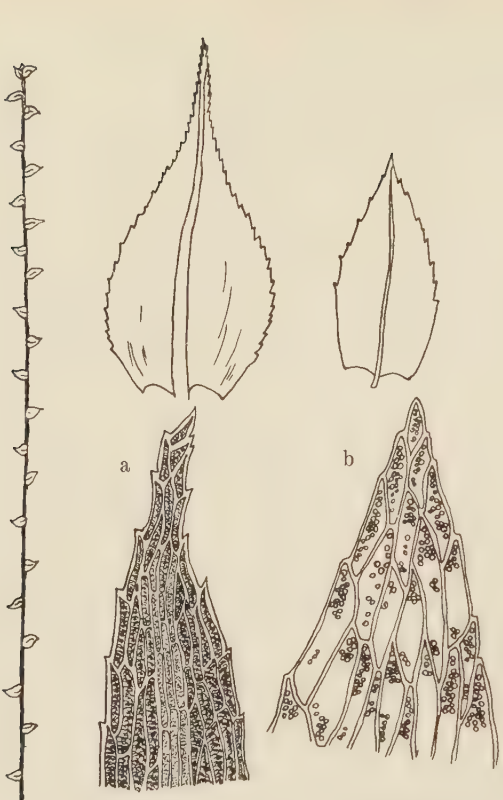

Abb. 26. *Philonotis fontana.* a Blatt, normal; b Blatt, submers.

Abb. 27. *Philonotis fontana.* pH = 6,3.

Sproßzunahme in Millimeter.

Tag	Lösung					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
5	10	16	19	21	20	17
9	15	21	25	29	22	19
14	18	29	31	40	28	19
18	19	35	39	48	31	—
23	20	38	42	54	33	—

Optimum und Maximum liegen auch hier wieder nahe beieinander.

Abb. 25. *Paludella squarrosa*, submers, pH = 7,2.

Fontinalis Dill. em. M.

Fontinalis antipyretica.

Dieses Wassermoos verdankt seine außerordentlich verschiedenartigen Ausbildungsmöglichkeiten den zahlreichen Medien, in denen es vorkommt. Es gibt wohl kein Säurebereich, in dem es nicht sehr gut zu gedeihen vermag. So bildet es in völlig kalkfreien, meist sauren

Abb. 28. *Philonotis fontana.* a pH = 7,2; b pH = 8,5.

Gewässern flutende, schlaffe, dunkelgrüne Formen, deren Blätter im ganzen aber doch noch die typisch-gekielte *Fontinalis*-Ausbildung erkennen lassen, wenngleich auch sie sehr schlaff werden. Auch stumpft ihre Spitze merklich ab. Diese Form, die ich auch kulturell erzielen konnte und wenigstens in die Nähe der *Fo. laxa* stellen möchte, verträgt eine starke Abkühlung nicht und geht schon bei + 2° zugrunde. Im kalkhaltigen Wasser werden die Blätter im allgemeinen breiter, in der Konsistenz starrer. Die Pflanzen erscheinen weniger flutend, zeigen mehr eigenen Halt. Die Farbe variiert zwischen dunkelgrün und bräunlich. Die Zellen bleiben ohne wesentliche Veränderung. — In der Kultur lassen sich bei entsprechender Zusammensetzung des Mediums die einzelnen Formen ohne große Schwierigkeit ineinander überführen. Sie befinden sich immer in guter Entwicklung, sind dicht beblättert und die langen, kahlen Stellen, die in der Natur nicht selten aufzutreten pflegen, zeigen sich hier nur als Zeichen eines Entwicklungsrückganges und finden sich nie an gesunden Pflanzen.

Abb. 29. *Fontinalis antipyretica.* a sauer; b neutral; c In Kalk! stark alkalisch.

Eine Eigentümlichkeit von *Fontinalis antipyretica* ist seine Eisenspeicherung in den Membranen, die ihm die Möglichkeit gibt, auch eisenhaltiges Wasser gut zu ertragen. (Bis zu 1,1 mg Fe_2O_3 pro Liter gemessen.). Kalkkulturen ließen sich leicht anstellen:

Tag	Lösung					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
4	10	12	14	18	21	15
7	13	16	19	22	26	15
12	15	18	23	26	29	—
18	19	21	28	30	19	—
22	22	25	31	33	—	—

Die Maßangaben wurden in Millimeter gemacht.

Hierbei handelte es sich um Pflanzen, die aus einer kalkhaltigen Umgebung entnommen wurden. Andere, z. B. von schwach saurem Standort, lieferten ganz verschiedene Werte davon.

Tag	Lösung				
	1.	2.	3.	4.	5.
4	6	8	10	9	8
7	8	12	13	11	10
12	13	15	16	13	10
18	18	19	19	15	—
22	21	22	24	17	—

Dies ist der einzige Fall, bei dem ich beobachten konnte, daß Pflanzen derselben Spezies, die von verschieden beschaffenen Standorten stammten, sich einem Faktor gegenüber so grundverschieden verhielten.

An Wuchsformen erhielt ich eine streng alkalische, die sehr lang (bis 40 cm) und dünn ausgebildet war, eine neutrale, die etwa der im Aussehen entsprach, die man leicht in der Umgebung Berlins findet (z. B. im Halensee), und eine saure, die wesentlich kürzer war (bis 15 cm) und breitere, ebenfalls besser ausgebildete Blätter zeigte. Nur die im sauren Medium gewachsenen Pflanzen lieferten einigermaßen Trockenformen, die zur Regeneration der Wasserform wieder imstande waren. Aber auch diese kamen nur in sehr feuchter Luft fort. Sie wurden sehr hell grün, die Blätter leicht faltig und ziemlich abstehend. Der Stengel stark, aufgerichtet, mit ausgeprägtem Zentralstrang. Diese Trockenpflanzen wurden nie über 5 cm hoch.

	Luft		
pH	4,5—6,5	6,5—8,0	4,0—5,0
Sproßlänge:	Bis 15 cm	Bis 20 cm	Bis 10 cm
Verzweigung:	Bäumchenförmig	Bäumchenförmig	Unverzweigt, wird einsprossig
Blatt:	Eiförmig, geöhrt, faltig, Spitze gesägt	Eiförmig, geöhrt, faltig, Spitze gesägt	Klein, schwach eiförmig Rand glatt. Faltenlos. ¾ normalgroß
Rippe:	Stark, nicht bis Spitze durchgeführt	Stark, nicht bis Spitze durchgeführt	Sehr dünn, tritt kaum hervor
Stengel:	Stark, aufrecht	Stark, aufrecht	Schwach
Blattstellung:	Am Stengel schuppig, Äste dicht, allseits abstehend	Am Stengel schuppig, Äste dicht, allseits abstehend	Schuppig
Zellen:	Etwa 6seitig, nicht regelmäßig, am Grund erweitert	Etwa 6seitig, nicht regelmäßig, am Grunde erweitert	Erweitert, aber nicht wesentlich verändert. Weniger Chlorophyll als in Luft. R.: ±

Climacium W. et M.

Climacium dendroides.

Schon die wenigen Artenlisten am Anfang dieser Ausführungen zeigen deutlich die außerordentlich weite Verbreitung dieses Mooses. Es kommt in sauren Mooren, in Sümpfen, aber auch auf alkalischen, nassen Wiesen vor, ebenso auf kalkhaltigem Felsboden. Es ist außerordentlich häufig. An all diesen untereinander so sehr verschiedenen Standorten verändert es sich kaum, behält überall seine typische, baumartige Wuchsform bei. Nur die Höhe variiert etwas. Erst unter Wasser gehen die „Bäumchen" verloren, aber auch dort einheitlich in allen, wenn auch chemisch noch so stark voneinander verschiedenen Medien. Von den verschiedenen „Zweigen des Baumes" wird einer vor allen anderen gefördert, und zwar ist das immer die direkte Verlängerung der Hauptachse. Sie wächst lang aus, bildet auch Seitenäste, die aber immer unregelmäßig verteilt sind und niemals mehr gleiche Förderung erfahren wie die Hauptachse, so daß eine Baumform auch annähernd nicht mehr entstehen kann.

Die übrigen Äste der Trockenpflanzen bilden zunächst auch noch kleine Verlängerungen, sterben dann aber vom Vegetationspunkt her ab. Der Unterschied zwischen Hoch- und Niederblättern, der bei den Trockenpflanzen so charakteristisch ist, verschwindet gänzlich. Die Beblätterung wird locker, manchmal fast schuppig, immer mit recht weiten Zwischenräumen. Der starke, aufrecht stehende Stengel verliert seine Festigkeit, wird schlaff und flutend, seine Farbe nimmt ein tiefes Dunkelgrün an. Die Zellen werden erweitert, verlieren aber nicht wesentlich viel Chlorophyll. Die Rippe ist bei der Wasserform außerordentlich dünn und unscheinbar. Gesägt ist vom Blattrand nur

Submers		
5,0—6,5	6,5—7,5	7,5—8,8
Bis 20 cm	20 cm	Über 20 cm
Einsprossig, unverzweigt	Einsprossig, unverzweigt	Einsprossig, unverzweigt
Klein, schwach eiförmig, Spitze gesägt; ½ normalgroß	Weniger als ½ normalgroß	Nur ¼ normalgroß
Dünn, durch halbes Blatt gehend	Dünn, nur etwa ⅓ durchgeführt	Dünn, nur etwa ⅓ durchgeführt
Schwach	Schlaff	Sehr schlaff
Schuppig	Schuppig	Schuppig
Erweitert, aber kaum verändert. Wenig Chlorophyll. R.: +	Weit, etwa 6seitig. Wenig Chlorophyll. R.: +	Sehr erweitert, sehr wenig Chlorophyll. R.: ±

noch die Spitzenregion, in einigen Fällen verliert sich selbst dieser Rest. Die Falten verschwinden immer.

Trotz der Möglichkeit, in jedem der 4 von mir gewählten Medien lebenskräftige Pflanzen zu erzeugen, besteht doch eine Vorliebe für etwas höheres pH. Das kommt auch in der Natur darin zum Ausdruck, daß feuchte Wiesen mit meist höherem pH bevorzugt werden. Die allgemeine Ausbildung der Pflanzen, wie aus Fig. 30 und der Tabelle S. 44/45 (unten) leicht ersichtlich ist, wird mit zunehmendem pH besser.

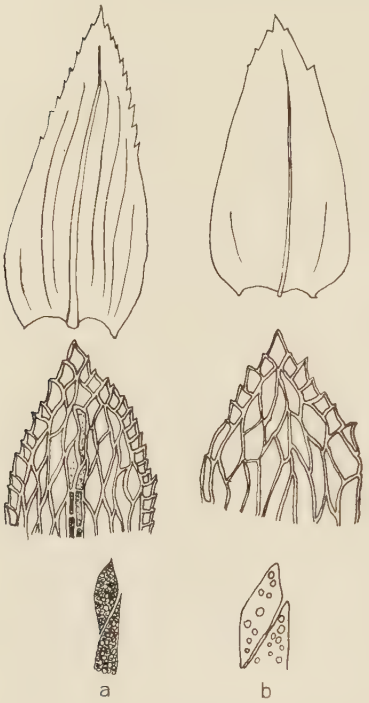

Abb. 30. *Climacium dendroides*. a Trokkenform, chlrophyllreich; b Wasserform, chlorophyllarm.

Eisen in geringen Mengen wird ohne Schaden ertragen. Kalkkulturen zeigen, daß das Optimum bei 3, das Maximum ebenda liegt. Ein Minimum geben sie nicht an. *Climacium* kann auch im fast kalkfreien Medium vorkommen und sich gut entwickeln. Durch geringere Kalkmengen wird die Spreitengröße gefördert.

Amblystegium Br. eur.

Amblystegium serpens.

Merkwürdigerweise macht dieses Moos, das in der Natur an ziemlich trockenen Standorten wächst, bei einer Wasserkultur keine Schwierigkeiten. Eine natürliche Wasserform wird von Mönkemeyer an-

	Luft	Submers	
pH	6,5—7,5	5,0—6,5	6,5—7,6
Sproßlänge:	Bis 15 cm	Bis 15 cm	Bis 30 cm
Verzweigung:	Fiederförmig, selten unregelmäßig	Unverzweigt oder unregelmäßig	Unverzweigt oder unregelmäßig
Blatt:	Eiförmig, stark zugespitzt, ganzrandig	Weniger starke Spitze, klein	Fast ohne Spitze, klein
Rippe:	Durch etwa halbes Blatt, gelbgrün, unten stark	Dünn, nur im unteren Viertel angedeutet	Dünn, durch halbes Blatt
Stengel:	Gelbgrün, schwach	Grün, sehr schwach	Grün, sehr schwach
Blattstellung:	Scheinbar zweizeilig	Abstehend, oft scheinbar einseitswendig, Abstände groß	Scheinbar zweizeilig
Zellen:	Lang, dünn, am Grunde kürzer, dicht voll Chlorophyll	Erweitert, weniger grün. R.: ±	Erweitert, weniger grün. R.: ±

gegeben, fo. *immersa*. Der pH-Bereich ist nicht weit; es besteht eine deutliche Vorliebe für schwache Alkalität, wie sie ja auch an den meisten, natürlichen Standorten gegeben ist. Die Wasserform zeigt das typische, etwas verkleinerte Landblatt, das heller grün und etwas schlaffer wird. Die Zwischenräume zwischen den Blättern werden nicht sehr groß, nur lockere Beblätterung tritt ein. Auch die Zellen lockern sich etwas auf, verlieren aber kaum Chlorophyll. Eine Rückkultur ist ohne weiteres möglich, falls die Wasserform im Medium vom pH-Gehalt von 6,8—8,0 gewachsen ist. Sie liefert gute, typische Landformen. Eisen wirkt schon bei 0,1 mg pro Liter schädlich, CaO wird bis zu 100 mg ertragen.

Amblystegium riparium.

Auch hier zeigt sich die gleiche Vorliebe für ein neutrales bis schwach saures Medium wie bei *Amblystegium serpens* und die gleiche Bereitwilligkeit, unter Wasser gut fortzukommen. Je länger die Pflanzen unter Wasser wuchsen, um so heller wurden sie, bis schließlich ein bleibendes, leicht gelbstichiges Grün entstand. Die guten Wassersprosse werden sehr lang, bis zu 30 cm, in seltenen Einzelfällen noch länger. Die Sprosse sind schlaff, nur unregelmäßig oder nicht verzweigt. Fiederförmige Verzweigung konnte ich nie unter Wasser beobachten. Die Blattstellung ist typisch für die Wasserstoffionenkonzentration des Mediums. Im schwach sauren erscheinen sie einseitswendig, im neutralen und alkalischen zweizeilig. Die Blätter behalten ihre breite, eilanzettliche Form bei, die Zellen werden aufgelockert, haben aber immer noch ziemlich viel Chlorophyll, verglichen mit den Wasserformen anderer Moose. Die bei der Landform scharf ausgezogene Spitze schwindet immer.

Abb. 31. *Amblystegium riparium*. a Trokkenform; b Wasserform.

Eisen und Kalk sind nicht günstig, von solche enthaltenden Standorten ist das Moos leicht zu vertreiben. Günstig ist eine recht hohe Temperatur von etwa 20—28° in den Kulturen, eine niedrigere erzielt bei weitem nicht die gleichen Wachstumsresultate, wenn sie auch nicht direkt schädlich wirkt.

Drepanocladus (Müll.) Roth.

Drepanocladus vernicosus.

Dieses ziemlich seltene Moos zeigte in der Kultur eine recht ausgesprochene Vorliebe für Säure, verbunden mit einer gewissen Kalkfeindlichkeit. Kalk-

kulturen ließen sich dementsprechend nicht mit positivem Erfolg anstellen. Dagegen wuchs das Moos in einer Kultur von pH = 4,6 mit der größten Üppigkeit. Ich konnte Wasserformen von 10—25 cm Länge in meinen Kulturen messen. Auch hier zeigte sich, was sich bis jetzt bei allen kultivierten Formen beobachten ließ: Einem höheren pH entspricht ein längerer Sproß mit kleineren Blättern bei weiteren Zwischenräumen dieser. Hier wird weniger Chlorophyll entwickelt. Im alkalischen Medium fällt die bräunliche Färbung des sauren zugunsten einer rein grünen fort, was einer absoluten Schädigung entspricht. Die typisch rötlichen Zellen des Blattgrundes finden sich nur in der Säure. Eine kräftige Wasserform ist der Landform recht ähnlich, wird aber wesentlich länger, ohne Falten auf den Blättern. Die gelbe Rippe bleibt erhalten, ebenso die langeiförmige Blattform. Diese Wuchsform liefert gute Rückkulturen, die langgestreckt-fadenförmigen des alkalischen Mediums nicht.

Drepanocladus uncinatus.

Es wächst verhältnismäßig selten hygrophytisch, läßt sich aber trotzdem leicht ohne Rücksicht auf den pH-Gehalt submers kultivieren. Es wird in der Säure noch stärker sichelförmig als in der Natur, kann bis zur Rundung zusammengebogene Blätter zeigen. Die Falten verschwinden, die Rippe wird kürzer. Der Rand bleibt aber gesägt. Die Länge beträgt 25—30 cm. Leicht lassen sich in allen Fällen Rückkulturen ausführen. Kalk wird ertragen, wirkt aber nicht fördernd; Eisen schädigt schon in geringer Konzentration stark (0,2 mg Fe_2O_3).

Drepanocladus lycopodioides.

Das häufig gemeinsame Vorkommen mit *Fissidens* (oder in unmittelbarer Nähe davon) läßt schon auf eine stark ausgeprägte Vorliebe für Kalk schließen. Damit stimmt eine starke Alkalifreundlichkeit gut überein. In der Natur habe ich diese Pflanzen an extrem sauren Standorten nie beob-

	Luft	
pH	6,5—7,5	7,5—8,8
Sproßlänge:	Etwa 15 cm	Bis 25 cm
Verzweigung:	Unregelmäßig, Zweige hakenförmig	Unregelmäßig, Zweige hakenförmig
Blatt:	Groß, länglich-eiförmig, ganzrandig, faltig	Groß, länglich-eiförmig, ganzrandig, faltig
Rippe:	Basal dick, nicht bis zur Spitze, sonst dünn	Basis dick, oben dünn, nicht bis zur Spitze
Stengel:	Stark, gelblich	Stark, gelblich
Blattstellung:	Einseitswendig, gebogen, dicht	Einseitswendig, gebogen, dicht
Zellen:	Getüpfelt, oben prosenchymatisch, unten breiter, viel Chlorophyll	Getüpfelt, oben prosenchymatisch, unten breiter, viel Chlorophyll

achten können, die Moose erfuhren selbst auf neutralem Boden eine wesentliche Minderung gegenüber dem alkalischen, wo sie fast die doppelte Länge erreichten.

Das Moos geht sehr willig unter Wasser, verträgt dort auch — mit einiger Schädigung — ein wenig Säure, allerdings fallen dann die Rückkulturpflanzen recht schlecht aus. Gut lebensfähige Wasserformen, die man auch im Freien leicht findet, zeigen mit Ausnahme starker Sproßverlängerung keine sehr ins Gewicht fallenden Unterschiede zur Landform. Wichtig ist die Begünstigung der Einseitswendigkeit durch die Säure (was sich auch bei *Drepanocladus uncinatus* (Hedw.) bemerken ließ), wie auch die übliche Längenausdehnung durch Alkali. Die Blattform verändert sich nur in der Säure, die Falten und Tüpfel fehlen bei jeder Wasserform.

Abb. 32. *Drepanocladus lycopodioides.* a Trockenform; b Wasserform.

Eisen wird ohne Schädigung ertragen (0,4 mg pro Liter). Kalkkulturen zeigen ein hohes Optimum, das gleichzeitig Maximum ist. Auch das Minimum liegt bei 2 ziemlich hoch.

Das Moos ist recht stark und sehr konkurrenzfähig im neutralen bis stark alkalischen Medium, wobei ein Kalkmangel natürlich nicht ertragen wird.

Unter Wasser verhalten sich die vielen bekannten Formen recht gleichartig, wie oben.

Submers		
5,0—6,5	6,5—7,5	7,5—8,8
Höchstens 15 cm	Bis 30 cm	Bis 35 cm
Fehlt	Unregelmäßig	Unregelmäßig
Groß, länglich, glatt, gekrümmt, normalgroß	Form unverändert, ¾ normalgroß	Form unverändert, ½ normalgroß
Kaum angedeutet	Nur im unteren Drittel angedeutet	Nur im unteren Drittel angedeutet
Schwach, grün	Schwach, grün	Schwach, grün
Einseitswendig, dicht	Einseitswendig, weniger dicht	Einseitswendig, etwas entfernt
Ohne Tüpfel, sehr aufgelockert, wenig Chlorophyll. R.: ±	Locker, mehr Chlorophyll. R.: +	Locker, mäßig viel Chlorophyll. R.: +

Tage	Lösung					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
5	3	5	6	7	2	—
11	6	8	9	10	3	—
18	9	11	12	14	3	—
23	11	13	15	20	—	—

Drepanocladus aduncus, Kneiffii.

Schon ziemlich geringe Mengen Kalk wirken recht erheblich schädigend, wie ich in Kulturen feststellen konnte. Daher ist auch das Vorkommen auf kalkfreie Sümpfe beschränkt, jedenfalls, soweit es sich um gut ausgebildete Formen handelt. Auch an kalkhaltigen Standorten finden sich Formen, die aber immer schlecht, fädig und schlaff entwickelt sind und nur noch als Kümmerformen zu bezeichnen sind. Diese können selbst mit größter Vorsicht in den meisten Fällen nicht mehr in Normalformen übergeführt werden. Ein pH-Gehalt von 6,5—7 ist als optimal anzusehen. Je saurer das Kulturwasser ist, um so gekrümmter erscheinen die Blätter. Die Verzweigung ist in allen Fällen fiederförmig. Falten werden unter Wasser nicht gebildet. Die Farbe verändert sich sehr stark, variiert zwischen gelbgrün, reingrün und schwärzlich. Die oft vorkommenden, recht typischen Bruchknospen werden unter Wasser nicht ausgebildet.

Drepanocladus fluitans.

Da es sich hier um eine Wasserform handelt, war nur das Verhalten gegen die verschiedenen Medien zu untersuchen. Dabei kam ich zu dem Resultat, daß auch dies Moos in jedem natürlichen Wasser zu gedeihen vermag, sei es nun alkalisch oder sauer, mit Ausnahme allzu extremer Werte. Im sauren Medium bilden sich kurze, gelbliche Formen (meist unter 10 cm), die nahe beieinander stehende, ziemlich breite, kurze Blätter zeigen, und deren Rippe nur kurz und unscheinbar ausgebildet ist. Die höhere Alkalität begünstigt auch hier eine größere Längenausbildung, dunkler grüne Farbe, entferntere Blattstellung. Ferner tritt Auflockerung der Zellen bei leichter Chlorophyllreduktion ein. Von diesen Formen kann Kalk gut ertragen werden, während die sauren sich in vielen Fällen nicht rasch genug umzustellen vermögen und, plötzlich in ein stark alkalisches Medium gebracht, eingehen. Eisen wird bis zu 0,2 mg ertragen.

Drepanocladus exannulatus.

Die sehr bekannte, außerordentlich vielseitige Ausbildung dieses Mooses ist, wie schon oben gelegentlich an anderen gesehen werden konnte, auf einen weiten pH-Bezirk zurückzuführen. Es gibt keinen Säuregrad, in dem *Drepanocladus exannulatus* nicht mit guter Entwicklung zu wachsen vermag, sowohl auf feuchtem Boden als auch submers. Dabei zeigt sich wieder die gegensätzliche Entwicklung von Land- und Wasserform unter dem Einfluß von Alkali:

	Luft	Submers		
pH	4,0—8,8	4,0—6,5	6,5—7,5	7,5—8,8
Sproßlänge:	8—10 cm und mehr	Bis 10 cm	25—30 cm	Über 30 cm
Verzweigung:	Fiederförmig	Fiederförmig	Fiederförmig	Fiederförmig
Blatt-	Eiförmig, spitz ausgezogen, Rand glatt, leicht faltig	Lang, schmal, leicht gezähnt	Lang, schmal, ohne ausgeprägte Spitze, nur ¼ normal groß	Länglich-schmal, ohne Spitze, unter ¼ normalgroß
Rippe:	Stark, nicht bis Spitze	Stark, durch Blatthälfte	Kaum angedeutet	Kaum angedeutet
Stengel:	Meist ziemlich stark	Schlaff	Sehr schlaff	Sehr schlaff
Blattstellung:	Manchmal einseitswendig, dicht	Einseitswendig, weniger dicht	Sehr entfernt	Sehr entfernt, schuppig
Zellen:	Groß, dünnwandig, viel Chlorophyll	Stark aufgelockert, weniger Chlorophyll. R.: ±	Aufgelockert, wenig Chlorophyll. R.: +	Sehr locker, sehr wenig Chlorophyll. R.: ±

Während eine nicht submers wachsende Pflanze im alkalischen Medium wesentlich breitere, tiefer grüne Blätter ausbildet, werden bei den Wasserformen mit zunehmender Alkalität die Blätter kleiner und weiter entfernt, nur die tiefgrüne Farbe haben sie mit der Landform unter gleichen Bedingungen gemeinsam. Daß beide Medien in der Säure kürzere Sprosse produzieren, ließ sich schon oft genug feststellen. Säure begünstigt die Einseitswendigkeit und eine weniger intensiv grüne Farbe, die ins Gelbliche oder Rötliche umschlagen kann. Einer Wasserkultur werden, woher die Pflanzen auch stammen mögen, niemals Schwierigkeiten gemacht. Dabei ist zu bemerken, daß die Schnelligkeit der Reaktion auf das submerse Leben abhängt von der Ähnlichkeit des pH-Wertes der Kultur mit dem des Standortes. Aber nach einiger Zeit tritt auch im Falle der Ungleichheit gute Reaktion ein. So war ich imstande, aus Pflanzen von extrem sauren *Sphagnum*-Mooren ohne Übergang direkt die Alkali-Kulturform zu züchten. Eine Änderung der fiederförmigen Verzweigung habe ich unter Wasser niemals beobachten können. Zwar können bisweilen die einzelnen Fiederchen weit auseinanderrücken, aber das Grundschema bleibt erhalten. Auch die Blattform verändert sich nur hinsichtlich der mehr oder minder großen Breite, der Spitze und des Randes. Merkwürdigerweise tritt submers in der Säure Zahnung des Randes auf, die sich bei Landformen nicht bemerken läßt. Die Spitze ist unter Wasser in der sauren Form allgemein länger ausgezogen als in der alkalischen und der Landform. Die hyalinen Blattgrundzellen finden sich, wenn auch in schwächerer Ausbildung, noch immer. Falten verschwinden, die Rippe wird dünner. Das Wasser begünstigt auch hier eine gewisse Schlaffheit und Haltlosigkeit mit zunehmender Alkalität, die in erster Linie durch den immer dünner werdenden Hauptsproß hervorgerufen wird. Die Blattstellung ist bei extrem alkalischen Formen recht entfernt. Wenn auch weniger Chlorophyll ausgebildet wird, erscheinen

doch die Zellen auch unter Wasser immer noch dicht gefüllt. Die Kalktabellen der verschiedenen Pflanzen zeigen keine Übereinstimmung, sind je nach deren Ursprung verschieden.

Calliergon (Sull) Lindb.

Calliergon cuspidatum.

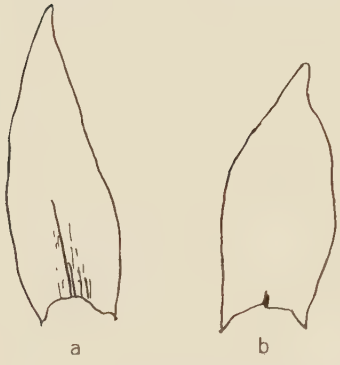

Abb. 33. *Calliergon cuspidatum.* a Trockenform; b Wasserform.

Außerordentlich weit verbreitet, auch xerophil. Wasserkulturen bereiten keine Schwierigkeiten, auch in der Natur wächst *Calliergon* leicht submers. Der pH-Bezirk ist weit, besonders unter Wasser. Die typische Ausbildung geht nie verloren, die Blattform wird etwas rundlicher, verändert sich aber nie wesentlich. Nur die Farbe wird unter Wasser zu einem tieferen Grün. Die Starre der Einzelpflanze verschwindet und macht weichen, flutenden Formen Platz. Kalk und Eisen werden ertragen, Eisen bis zu 0,5 mg Fe_2O_3 pro Liter. Dann wird die Blattfarbe rötlichbraun, aber die Pflanzen sind gut lebensfähig. In der Rückkultur liefern die extrem alkalischen Pflanzen keine guten Resultate mehr (cf. auch Tabelle). Kalkkulturen ließen sich mit Erfolg anstellen. Das Maximum liegt bei 3, das Optimum ziemlich tief, bei 1.

Tage	Lösung			
	1.	2.	3.	4.
5	7	4	4	2
11	15	9	7	5
18	22	11	10	5
23	31	16	13	—

	Luft		
pH	5,0—6,5	6,5—8,0	4,0—5,0
Sproßlänge:	8—10 cm	10—15 cm	10 cm
Verzweigung:	Fiederförmig	Fiederförmig	Fiederförmig
Blatt:	Länglich-eiförmig, stumpf oder schwach zugespitzt	Länglich-eiförmig, stumpf oder schwach zugespitzt	Breit, klein, ½ normalgroß
Stengel:	Stark, grün	Stark, grün	Schwach
Blattstellung:	Dicht anliegend	Dicht anliegend	Fast 2zeilig erscheinend
Zellen:	Länglich, viel Chlorophyll	Länglich, viel Chlorophyll	Sehr aufgetrieben, mäßig viel Chlorophyll. R.: +

Calliergon giganteum.

Trotz einer äußerst starken Ähnlichkeit zu dem vorhergehenden findet sich im Verhalten doch eine große Verschiedenheit. *Calliergon giganteum* kommt bei weitem nicht an allen Wasserstandorten von *Calliergon cuspidatum* fort, sondern meidet die Extreme so stark, daß es dort nach einiger Zeit eingeht. Wenn es sich auch submers in der Kultur darin ziehen läßt, übrigens ohne sehr guten Erfolg, so setzt das noch nicht voraus, daß eine Konkurrenz mit anderen Pflanzen dadurch möglich wird. Zu dieser wäre es nie imstande, wie auch schon aus den einleitenden Bemerkungen hervorgeht; eine Rückkultur ist, falls sie überhaupt noch erfolgreich ist, doch nie gut zu nennen. Auch Kalkkulturen ließen sich in weitem Umfange mit Erfolg nicht anstellen. Lösung 1 und 2 wurde ertragen, aber eine Förderung des Wachstums war nicht festzustellen. Bei 3 gingen die Pflanzen schon nach kurzer Zeit zugrunde, Eisen schadete schon in geringster Konzentration. Hier, wie auch bei *Calliergon cuspidatum*, ersieht man aus den Tabellen leicht, daß, wie überall, steigende Alkalität die Sprosse länger werden läßt, die Beblätterung reduziert und die Zwischenräume vergrößert. Die Blätter verlieren selbst bei gut entwickelten Wasserformen ihre Falten, die Rippe wird kleiner, verschwindet im Extremfall ganz, so daß dann eine Ähnlichkeit mit *Calliergon cuspidatum* erzielt wird, die beide nicht mehr voneinander trennbar

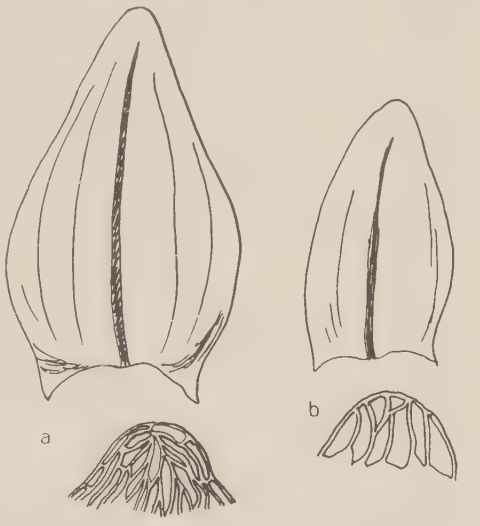

Abb. 34. *Calliergon giganteum.* a Trockenform; b Wasserform.

Submers		
5,0—6,5	6,5—7,5	7,5—8,8
10 cm	15—20 cm	Bis 35 cm
Fiederförmig	Fiederförmig	Selten, unregelmäßig
Breit, klein, ½—⅓ normalgroß	Rundlich, ¼ normalgroß	Rundlich, unter ¼ normalgroß
Schwach	Schwach	Schlaff, dünn
Fast 2zeilig erscheinend	Entfernt	Sehr entfernt
Sehr aufgetrieben, mäßig viel Chlorophyll. R.: +	Sehr aufgetrieben, mäßig viel Chlorophyll. R.: +	Sehr aufgetrieben, wenig Chlorophyll. R.: ±

	Luft	Submers		
pH	5,0—7,5	4,0—5,0	5,0—7,5	7,5—8,8
Sproßlänge:	Bis 30 cm	Bis 30 cm	30—45 cm	50 cm und mehr
Verzweigung:	Dicht, fiederförmig	Dicht, fiederförmig	Fiederförmig	Selten, unregelmäßig
Blatt:	Dick-eiförmig, faltig	Dick-eiförmig, ohne Falten, ¾ normalgroß	Bis ½ normalgroß. Form: unverändert	Form bleibt. ¼ normalgroß
Rippe:	Sehr kräftig	Schwach	Etwas kräftiger	Tritt sehr wenig hervor
Stengel:	Sehr stark, meist aufrecht	Schwach	Schwach	Sehr schlaff und dünn
Blattstellung:	Dicht	Ziegelartig übereinandergreifend	Ziegelartig übereinandergreifend, aber schon leicht entfernt	Sehr entfernt
Zellen:	Schmal, länglich, viel Chlorophyll	Aufgetrieben, weniger Chlorophyll. R.: ±	Aufgetrieben, viel weniger Chlorophyll. R.: ±	Sehr groß, kaum Chlorophyll. R.:—

macht. Die Zellen werden wesentlich vergrößert und verlieren mehr Chlorophyll als bei *C. cusp.* Da nur dieses eine Rückkultur liefert, wenn auch gelegentlich nur wenige Pflanzen, läßt sich so eine Trennung ermöglichen. Die Wasserform ist auch hier äußerst schlaff, verliert ihre Starre vollkommen.

Abb. 35. *Calliergon cordifolium.* a Trokkenform; b Wasserform.

Calliergon cordifolium.

Unter Wasser werden die Pflanzen bedeutend tiefer grün und lockerer als die Landform. Die Blätter stehen rechtwinklig vom Sprosse ab, sind in der Säure etwas nach unten gebogen. Die Blätter sind im Verhältnis bedeutend schmäler geworden. Der Abstand der Blätter verdoppelt sich mindestens. Die Blattflügelzellen erweitern sich zur Größe noch mehr. Trotz einiger Chlorophyllabnahme erscheinen gut entwickelte Zellen immer noch dicht damit vollgestopft. Die Rippe ist, wie immer, nicht bis zum Ende ausgezogen. Die guten Wasserformen wachsen ohne wesentliche Veränderung in einem pH-Gehalt von 5,0—6,5. — Eine Wasserkultur bereitet wenig Schwierigkeit. Freikulturen bestätigen die obigen Angaben. In einer größeren Tiefe als 1,5 m hört das

Wachstum auf, und die Pflanzen gehen nach längerem Vegetieren ein. Fadenförmige, dünne Sprosse von beträchtlicher Länge finden sich schon oberhalb von 50 cm, wo die Lichtintensität zu schwach geworden ist. Bei diesen sind die Verhältnisse der stärkst alkalischen Form realisiert, nur ins Extrem übertragen. Im sauren Medium wachsen diese Pflanzen so tief unten nicht.

Solche Triebe sind unter gleichen Bedingungen nicht lange lebensfähig, unter veränderten bilden sich die „Normalen Wassertriebe". Leicht ist aus der Tabelle zu ersehen, daß auch hier die mittleren pH-Werte bevorzugt werden. Kalk kann in geringen Mengen ertragen werden. Kalkkulturen lieferten keine besonders günstigen Resultate. Auch hier war Lösung 1 wieder das Optimum, zugleich aber auch das Maximum, da schon in 2 ganz am Ende der Kulturreihe die Pflanzen abstarben. 3 wirkt unbedingt schädlich.

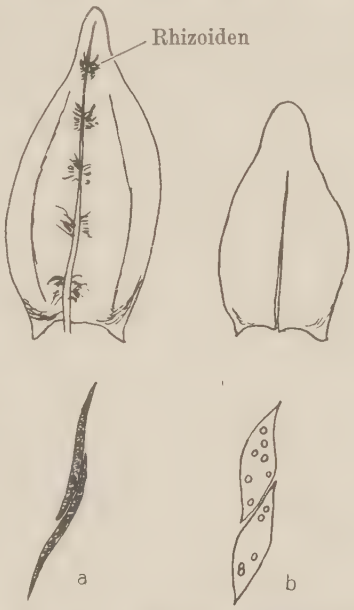

Abb. 36. *Calliergon stramineum.* a Trockenform; b Wasserform.

Calliergon stramineum.

Eine starke Vorliebe für saure Standorte ließ sich leicht feststellen. Damit verbindet sich aber absolut keine direkte Feindlichkeit gegen kohlensauren Kalk, wenn auch in geringeren Konzentrationen die Pflanzen abstarben. Dennoch ließen sich Kulturen mit bis zu 70 mg CaO leicht anstellen. Unter Wasser gedeihen gute Landformen ziemlich leicht, sind aber nicht konkurrenzfähig, wohl wegen der streng spezialisierten Ansprüche, die an die Umgebung gestellt werden. Sie verlieren ihre gelbliche Farbe, werden allmählich tief grün, von immer dunklerem Ton. Die Blattform verändert sich kaum, nur verringert sich die Größe beträchtlich, bis unter die Hälfte. Das Zellnetz ist stark erweitert, der Chlorophyllgehalt aber nicht zu reduziert. Die Wuchsform erscheint durch Abstehen der Blätter sparrig, wie das in der Säure im allgemeinen der Fall ist. Im Alkali gedeihen die Pflanzen nicht. — Die Wachstumsoptima liegen in den stärksten Säurekonzentrationen, die ich in meinen Kulturen benutzt habe, bei 4—5. Das ständige Zusammenwachsen mit *Sphagnum* habe ich schon oben erwähnt.

Scorpidium (Schpr.) Limpr.

Scorpidium scorpioides.

Die Formen sind alle außerordentlich kalkliebend, so daß sie ohne diesen sogar eingehen. Trotzdem liegt das Kalkminimum außerordentlich tief, bei 25 mg pro Liter. Daher ist auch *Scorpidium scorpioides* recht konkurrenzfähig. Starke Veränderung tritt in keiner Weise unter Wasser ein. Verzweigung,

	Luft	
pH	6,5—8,0	8,0—8,8
Sproßlänge:	20—30 cm	25—35 cm
Verzweigung:	Oft gabelförmig	Oft gabelförmig
Blatt:	Eilänglich, oft einseitswendig	Eilänglich, oft einseitswendig
Rippe:	Fehlt	Fehlt oder sehr klein
Stengel:	Sehr stark, bräunlich	Sehr stark, bräunlich
Blattstellung:	Einseitswendig, dicht	Einseitswendig, dicht
Zellen:	Groß, braune Wände, dicht grün	Groß, braune Wände, dicht grün

Blatt- und Zellform bleiben erhalten. Die Wasserformen sind länger als die am Lande, zeigen nur kleinere Blätter. Geschädigt erscheinen sie nur im extrem alkalischen Medium, in der die Blattfarbe nicht mehr bräunlich, sondern rein hellgrün wird und die Einzelblätter weit voneinander abstehen, während die Zellen sich übermäßig erweitern und nur noch wenig Chlorophyll enthalten. Das steht in einem gewissen Gegensatz zu der Kalkfreundlichkeit des Mooses. Auch die Stärke der guten Wasserformen, die dort immer noch erhalten bleibt, schwindet und macht einer kraftlosen Schlaffheit Platz. Rückkulturen gelingen hier nicht mehr. Die gute Wasserform zeigt — vgl. die Tabelle S. 56/57 oben — alle wesentlichen Charakteristika der Landform. Optimal ist ein mäßig hohes pH zwischen 7,5 und 8. Dies läßt sich auch in der Natur am häufigsten beobachten. Aus kalkärmeren Medien ist es leicht zu verdrängen, in kalkreicheren dominiert es immer. Kalkkulturen ergaben bei Lösung 4 ein Optimum, aber kein Maximum.

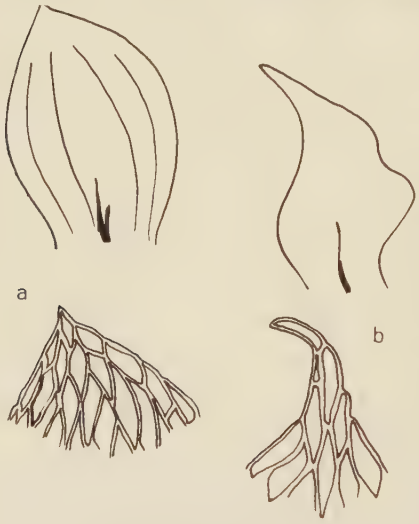

Abb. 37. *Scorpidium scorpioides.* a Bodenform; b Wasserform.

Hylocomium.

Hylocomium squarrosum.

Trotz feuchter Standorte sträubt sich dies Moos erfolgreich gegen Wasserkultur, bildet nur selten überhaupt neue Sprosse, auch diese nur auf kurze

Submers		
5,5—6,5	6,5—8,0	8,0—8,8
30 cm	30—40 cm	Über 45 cm
Oft gabelförmig	Oft gabelförmig	Meist unverzweigt
Länglich-rund, mit kurzer Spitze. ½ normalgroß	Länglich-rund, mit kurzer Spitze, ½ normalgroß	Länglich-rund, mit kurzer Spitze, sehr klein, fast schuppig, unter ¼ normalgroß
Fehlt	Fehlt	Fehlt
Mäßig stark, braungrün	Schwach, braungrün	Schlaff, grün
Dachzielgeförmig übereinandergreifend	Dachziegelförmig übereinandergreifend	Weit entfernt, hakenförmig
Wenig Chlorophyll, sehr aufgetrieben, Wände kaum gelb. R.: +	Wenig Chlorophyll, Wände kaum gelb, sehr aufgetrieben. R.: +	Sehr weit, Wände farblos, sehr wenig Chlorophyll. R.: ±

Zeit. Rückkulturen aus diesen gelangen trotz aller Mühe nie. Auch die Literatur gibt keine Wasserform dafür an.

Hylocomium triquetrum.

Auch hier gilt das oben Gesagte. Für diese beiden Hylocomien kann mit Recht im ganzen Umfang die Behauptung aufgestellt werden, daß sie nicht unter Wasser gedeihen.

Plagiothecium Br. eur.

Plagiothecium denticulatum.

Obgleich, wie Zeichnung und Tabelle zeigen, dieses typische Waldmoos sich unter Wasser stark verändert, bildet es doch ohne Schwierigkeit gut lebensfähige Wasserformen. Dabei sind es die aufstrebenden Äste des Rasens, die allein die Vermehrung übernehmen. Neutralität mit schwacher Abweichung nach beiden Seiten bildet die optimalen Bedingungen. Die Sproßlänge verstärkt sich wesentlich, es verändert sich auch die Blattform, die ausgesprochen

pH	Spl.	V.	B.	Stg.	Bst.	Z.
1. Luft, trocken						
6,5—7,5	5—10 cm	unregelmäßig	unregelmäßig, etwa eiförmig mit Spitze. Rippe kurz und dünn	dünn	scheinbar 2zeilig	groß, 4seitig, chlorophyllreich
2. Wasserkulturen.						
5,0—6,5	10—15 cm	dgl.	kleiner, Form erhalten. ½ normalgroß. Rippe kaum angedeutet	schlaff	abstehend, mit Intervallen. Keine 2zeiligkeit mehr	locker, wenig formverändert, mäßig Chlorophyll R: ±
6,5—7,5	10—25 cm	dgl.	dgl., Rippe fehlt	weniger schlaff	dgl.	dgl., R: ±

lanzettlich wird. Die Stengel werden schlaff, so daß die Pflanzen einen flutenden Eindruck machen. Am meisten unterscheidet rein äußerlich die Wasser- von der Landform das Fehlen jeder scheinbaren Zweizeiligkeit, das durch das Auftreten größerer Intervalle aufs stärkste begünstigt wird. Zellform und -inhalt verändern sich nicht sehr, Kalk über 80 mg und Fe_2O_3 in jeder Quantität schaden.

Brachytheciaceae.

Camptothecium Br. eur.

Camptothecium trichodes.

Dieser ständige Begleiter von *Paludella squarrosa* bildet mit größter Leichtigkeit in Lösungen verschiedenster Konsistenz Wasserformen von erheblicher Lebensfähigkeit. Diese können in einem wesentlich ausgedehnteren pH-Bezirk leben als die entsprechenden Landpflanzen.

Allerdings wird auch hier schwache Säure bis Neutralität bevorzugt.

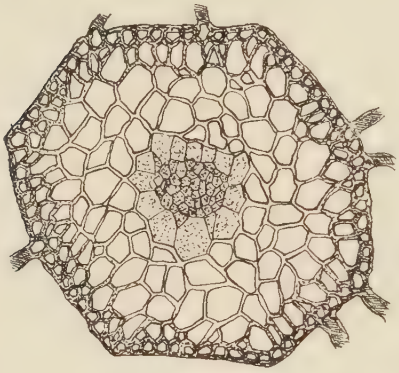

Abb. 38. *Camptothecium nitens*, Normalsproß, quer.

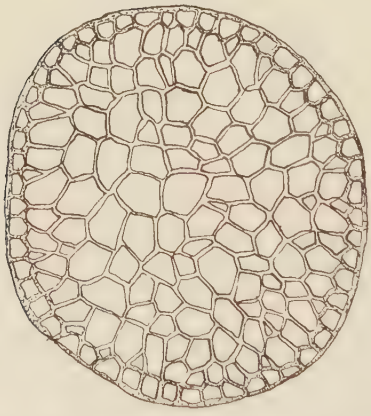

Abb. 39. *Camptothecium nitens*, Sproß, submers.

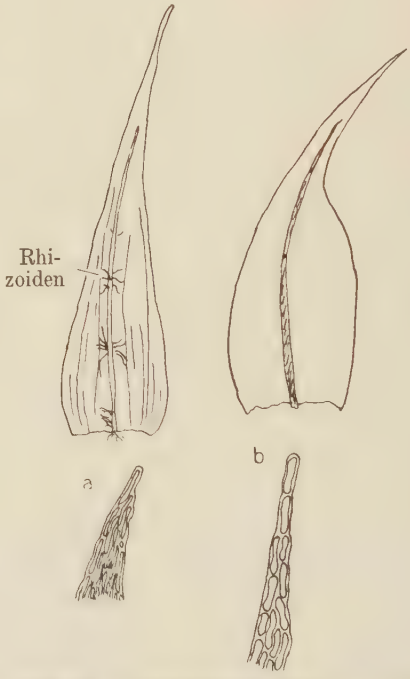

Abb. 40. *Camptothecium nitens*. a Boden; b Wasser.

Die gute Wasserform ist ziemlich lang, zeigt oft einen Mangel an Verzweigung. Die Blätter behalten ihre Form bei, verlieren aber Rhizoiden und

	Luft	Submers		
pH	5,5—7,0	4,0—5,0	5,0—6,5	6,5—7,5
Sproßlänge:	5—12 cm	Etwa 10 cm	10—15 cm	Bis 20 cm und mehr
Verzweigung:	Fiederförmig	Fiederförmig	Oft unverzweigt	Meist unverzweigt
Blatt:	Lanzettlich, lang spitz, oft mit Rhizoiden. Faltig, Rand ganz, manchmal umgeschlagen	Lanzettlich, breiter ½ normalgroß, Rand nicht umgebogen, faltenlos, ohne Rhizoiden	Lanzettlich, breit, ½ normalgroß, Rand nicht umgeschlagen, faltenlos, ohne Rhizoiden	Schmal, klein, zurückgekrümmt, ¼ normalgroß
Rippe:	Nicht bis Spitze, gelb	Nicht bis Spitze, gelb	Nicht bis Spitze, grün	Nicht bis Spitze, grün
Stengel:	Aufrecht, stark bräunlich, dichter Filz!	Stark, gelbbraun, noch guter Filz	Schwächer, grüngelb, noch mit Filz	Sehr schlaff, grün, ohne Filz
Blattstellung:	Dicht	Dicht	Schwach entfernt	Weit entfernt
Zellen:	Sehr dünn, lang, grün	Aufgetrieben, wurmförmig, noch mäßig viel Chlorophyll. R.: +	Aufgetrieben, wurmförmig, noch mäßig viel Chlorophyll. R.: +	Aufgetrieben, wurmförmig, nur wenig Chlorophyll. R.: ±

Falten. Sie werden auch kleiner und haben niemals mehr einen umgebogenen Rand. Die Rippe wird schon in schwacher Säure grün. Der Stengel behält seine Starre nicht bei, wird schwächer, wenn auch nicht schlaff. Seine Rhizoiden verliert er in ungeschädigten Wasserformen nie. Auch bleiben sie in allen Teilen immer gleich leicht zur Bildung sekundären Protonemas geneigt, wie eine Rückkultur solcher Formen keine Schwierigkeiten bereitet. Die Zellen werden zwar größer, verlieren aber nicht zu viel Chlorophyll, so daß sie noch immer dicht gefüllt erscheinen. Eisen wird auch hier, wie bei den Begleitpflanzen, schon in geringer Menge gemieden. (Schädlich ab 1 mg pro Liter.) Kalk dagegen wird weder gesucht noch gemieden. Kalkkulturen lieferten dementsprechend keine einheitlichen Resultate, je nachdem, aus welcher Umgebung die Pflanzen stammten. Das Maximum ließ sich bis auf Lösung 6 heraufschrauben, blieb aber gelegentlich auch auf 4, das Optimum schwankte zwischen 2 und 4.

Brachythecium Br. eur.

Brachythecium rivulare.

Dieses ausgesprochen alkalifreundliche Moos bildet ohne besondere Schwierigkeiten Wasserformen, die man auch in der Natur gelegentlich beobachten kann. Im Wasser liebt es zu starke Alkalität nicht, bevorzugt mehr die Neutralität, die nach beiden Seiten um ein Weniges überschritten werden kann. Die unter Wasser gebildete Form zeigt die Blattform der Landpflanzen noch, nur wird der Rand glatt, die Blätter erscheinen nicht mehr geöhrt, und Blattflügelzellen verlieren ihre braune Farbe. Dies letztere ist das charakteristischste Kennzeichen für die unter Wasser gebildete, nicht erst später unter Wasser

gesetzte Form. Eine gewisse Starre muß immer erhalten bleiben, zu große Schlaffe entsteht in zu hoher Alkalität. Die Zwischenräume verändern sich

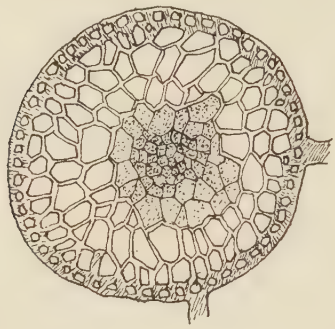

Abb. 41. *Brachythecium rivulare*, Normalsproß, quer.

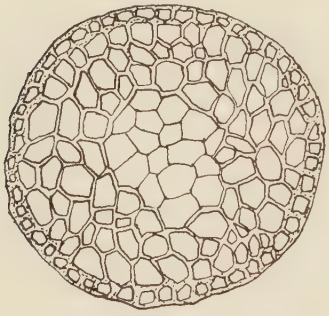

Abb. 42. *Brachythecium rivulare*, Sproß, submers.

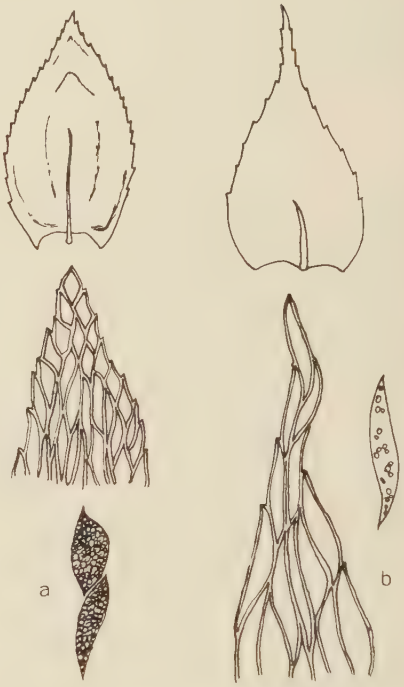

Abb. 43. *Brachythecium rivulare*. a Trockenform; b Wasserform.

	Luft	Submers		
pH	6,5—7,5	7,5—8,8	6,5—7,5	7,5—8,8
Sproßlänge:	10—20 cm	10—25 cm	20—25 cm	20—25 cm
Verzweigung:	Unregelmäßig, oft nur einseitig	Unregelmäßig	Meist unverzweigt	Meist unverzweigt
Blatt:	Spitz, eiförmig, gezähnt. Leicht faltig, geöhrt. Blattflügelzellen: braun	Spitz, eiförmig, gezähnt. Leicht faltig, geöhrt. Blattflügelzellen: braun	Spitz, eiförmig, weniger gezähnt, glatt, kaum geöhrt. Blattflügelzellen nicht braun. ¾—½ normalgroß	Kleiner, glatt, Form bleibt. ⅓ normalgroß
Rippe:	Kurz, dick, grün	Kurz, dick, grün	Kräftig, grün, dick	Grün, dünn
Stengel:	Kräftig, grün	Kräftig, grün	Kräftig, grün	Schlaff, grün
Blattstellung:	Dachziegelförmig, dicht	Dachziegelförmig, dicht	Übereinandergreifend, nicht mehr ganz dicht	Entfernt
Zellen:	Länglich, mäßig dicht mit Chlorophyll gefüllt	Länglich, mäßig dicht mit Chlorophyll gefüllt	Locker, weniger Chlorophyll. R.: +	Locker, sehr wenig Chlorophyll. R.: +

auch hier mit zunehmender Alkalität in der gleichen Richtung, wie schon öfter erwähnt wurde, Eisen wird bis zu 6 mg pro Liter ertragen, also bis zu einer verhältnismäßig hohen Konzentration. Auch Kalkkulturen ergaben recht hohe Werte, ein Optimum in Lösung 4, ein Maximum in 6.

Eurhynchium Br. eur.
Eurhynchium Stokesii.

Das Material für Kulturen mit diesem Moos entnahm ich von einer feuchten Wiese bei Zechlin, deren Alkalität eine ziemlich hohe war ($p_H = 7{,}8$). Obgleich diese Wiese ziemlich feucht war, ließ sich das Moos doch keineswegs gut unter Wasser kultivieren, wie ich es auch in Natur nie submers gefunden habe. Es bildete — auch von anderen Standorten entnommen — kleine, fädige Sprosse, deren Blätter im Bau beträchtlich von der Ursprungsform abwichen. Eine Verzweigung habe ich nie beobachtet. Die Blätter waren fast herzförmig, ohne Spitze, sehr klein, bis zu $^1/_5$ der Normalgröße herab, lagen schuppig am Stengel an, der sehr dünn, schlaff und flutend wurde. Lebensfähig blieben diese Pflanzen natürlich nicht, gingen nach längstens 3 Monaten ein. Extremere Zusammensetzung der Kultur schädigte sie noch früher.

6. Einfluß chemischer Faktoren.

Wasserstoffionenkonzentration.

Wie schon aus den Wachstumstabellen der einzelnen Arten leicht abzulesen ist, spielt die Reaktion des umgebenden Mediums für die Formenausbildung eine recht wesentliche Rolle. Dabei ist zu bemerken, daß die meisten Gattungen unter Wasser in einem ziemlich breiten p_H-Bezirk gut lebensfähige Pflanzen zu bilden imstande sind. Diese Breite der p_H-Region pflegt unter Wasser größer zu sein als am natürlichen Standort, wie z. B. bei *Fissidens adiantoides*, das im Trockenen stark basophil ist, unter Wasser aber immerhin im neutralen bis schwach sauren Medium noch etwa 30 % rückkultivierbare Pflanzen bilden kann.

Daß eine nur geringe Reaktionsänderung ohne äußerlich merkbare Folgen bleibt, wurde schon oben erwähnt.

Aus den Serienkulturen mit verschiedenem p_H-Gehalt, verbunden mit zahlreichen Beobachtungen in der Natur, ergab sich mir die Feststellung einer bemerkenswerten Einheitlichkeit aller hier untersuchten Gattungen. Ein saures Medium läßt kleinere Pflanzen mit meist etwa normal großen Blättern entstehen, deren besondere Merkmale (Rand- oder Spitzenausbildung z. B.) erhalten bleiben. War im Trockenen eine Rippe vorhanden, so erscheint sie auch hier in starker Ausbildung. Der Stengel wird zwar ein wenig schlaffer als bei der Trockenform, aber er behält doch im sauren Medium immer viel mehr eigene Festigkeit als im alkalischen. Die Zellen sind zwar oft recht aufgelockert, zeigen aber meist viel Chlorophyll. Falls Einseitswendigkeit oder Sparrigkeit in der Blattstellung sich bei den Trockenpflanzen findet, wird dies im sauren Medium bis zum Extrem verstärkt, so daß man zu allseits fast

radiär abgebogenen Blättern gelangen kann. Das neutrale Medium bildet einen Übergang zum alkalischen, in dem sich eine ebenso konstante, typische, aber der oben beschriebenen in fast allem entgegengesetzte Formenausbildung bemerken läßt. Die Sproßlänge ist hier eine viel größere, die längsten Pflanzen, bis zu 40 cm und darüber, entstanden bei p_H über 7,5. Damit zusammen verringert sich die Blattgröße beträchtlich, wobei die Blätter selbst ihre eigentümlichen Merkmale in Rand-, Spitzen- und Rippenausbildung allmählich zu verlieren pflegen. Auch Krümmungen jeder Art gehen meist zurück. Die Abstände der einzelnen Blätter voneinander betragen oft ein Vielfaches von deren Größe. Die aufgelockerten Zellen enthalten häufig weniger Chlorophyll. Es steht also einer sauren, starren, intensiv grünen Wasserform eine lange, flutende, schlaffe im alkalischen Medium gegenüber. Diese Tatsache dürfte es möglich machen, aus der Ausbildung von Wassermoosen einen Schluß auf die aktuelle Reaktion ihres Mediums zu tun, der eine beträchtliche Genauigkeit besitzen kann.

Kohlensaurer Kalk.

Meine Serienkulturen in verschiedenen Kalkkonzentrationen zeigten mir, daß von einer absoluten Kalkfeindlichkeit selbst bei ausgesprochen säureliebenden Moosen, wie z. B. *Calliergon stramineum*, nicht gesprochen werden darf. — Bei den Moosen, die in bezug auf kohlensauren Kalk immer etwa die gleichen Bedingungen verlangen, läßt sich von einem ziemlich festen Optimum und Maximum des Kalkgehaltes sprechen. Bei anderen dagegen, die ausgesprochenen Kalkformen solche mit entschiedener Oxyphilie entgegenstellen, hat jede dieser Formen andere Kardinalpunkte. Theoretisch sollte es möglich sein, nach längerem Wachstum z. B. einer sauren Form diese an den Kalk zu „gewöhnen“ und so wenigstens eine Annäherung beider Extreme aneinander zu erzielen. Das ließ sich in keinem Fall durchführen. Sprosse von saurer gewachsener *Fontinalis antipyretica* z. B., die ganz in der Kalklösung gewachsen waren, zeigten kein höheres Optimum als ihre saure Ursprungsform.

Typische Kalkformen entsprechen in allen Teilen solchen, die ich oben bei starker Alkalität beschrieb. Sie sind immer tiefgrün, wie ja allgemein eine Chlorophyllverringerung nur bei einer Alkalität entsteht, die nicht auf Erhöhung des Kalkgehaltes zurückgeht. Die Mengen von kohlensaurem Kalk, die von den einzelnen Formen ertragen werden, erwähnte ich bereits bei diesen selbst.

Die durch Kalzium- und Magnesiumsalze verursachte Härte des Wassers spielt keine wesentliche Rolle für das Mooswachstum. Sehr ähnlich ausgebildete Formen kommen in härterem und weicherem Wasser vor, ohne eine Stufe davon besonders zu bevorzugen.

Dem Kalziumsulfat (Gips) gegenüber verhielten sich alle von mir kultivierten Moose völlig indifferent.

Eisen.

Im allgemeinen wird dies in Lösung nur kurze Zeit ohne Schädigung ertragen. Da es aus Ferrosalzen besonders am Licht in Oxydhydratform ausfällt, tritt eine Kulturschädigung bei Zugabe einer Fe-Lösung nur

ein, wenn diese mindestens täglich erneuert wird. Ferrisalze verhalten sich ähnlich.

Als die höchste ertragene Konzentration fand ich den recht hohen Wert von etwa 1 mg pro Liter. Er wird aber nur von sehr wenigen Formen erreicht, in den meisten Fällen tritt schon bei wesentlich niedrigerer Konzentration eine merkliche irreversible Schädigung ein.

In der Natur konnte ich einen Bestand von *Paludella squarrosa* beobachten, der um ein eisenhaltiges Wasserloch in weitem Abstand herum abgestorben war. Offenbar war die Erhöhung der Eisenkonzentration (auf 3,5 mg!) erst neueren Datums, denn es fanden sich auch direkt am Rande *Paludella*-Pflanzen, die aber sämtlich abgestorben waren. Die erste Zone der am Leben gebliebenen war stark verändert und unter Normalbedingungen nicht gut kultivierbar.

Gelöster Sauerstoff.

Wie sich in der Kultur wie im Freien feststellen läßt, ist die Assimilation der Moose unter Wasser eine sehr intensive. (O_2-Blasenentwicklung!) Dem entspricht ein hoher Sauerstoffgehalt des Wassers, das meist einen — oft recht wesentlichen — Überschuß davon enthält. Bei Verdunkelung der Kulturen, die eine Assimilationshemmung bedeutet, verringert sich dieser Sauerstoffgehalt rasch bis auf den Normalwert und darunter. Ein auftretendes Defizit wirkt selbst in geringer Stärke entwicklungshemmend. Die Blattbildung erleidet dann Störungen, alte Blätter sterben ab, so daß lange, kahle Stellen an den Stengeln entstehen. Diese färben sich oft dunkel. Während bei normalen Wasserformen ein Sproß, beliebig oft zerteilt, aus jedem Stück sekundäres Protonema entwickeln kann, sind dazu bei sauerstoffarmem Wasser nur noch die Blätter und die oberen Stengelteile fähig, die kahlen Teile haben keine Reaktionsfähigkeit mehr. In stark sauerstoffarmem Wasser werden überhaupt keine neuen Teile mehr gebildet.

Ähnliche, nur wesentlich extremere, Vorgänge lassen sich beobachten, wenn größere Mengen von

Schwefelwasserstoff

auftreten, wie es bei Schlammbildung der Fall ist (cf. S. 15). Daher war eine Kultur zuvieler Pflanzen zusammen unbedingt schädlich. Besondere Schwefelwasserstoffbestimmungen zeigten, daß, wenn die H_2S-Entwicklung einmal begonnen hat, sie mit großer Schnelligkeit fortschreitet und dann starke Schädigungen verursacht. Besonders die Blattbildung wird gehemmt, wie es sich auch in der Natur beobachten läßt.

Gelöste Kohlensäure.

Aus der Tatsache allein, daß alle Hochmoore und viele Wiesenmoore, wie manche Seen mit moorigem Untergrund starke Kohlensäurespannung zeigen (ich fand an allen von mir untersuchten Standorten dieser Art mehr als 10 mg freie CO_2), ließe sich schließen, daß die dort wachsenden Moosspezies diese in hohem Maße bevorzugen. Mit einer hohen Kohlensäurespannung zusammen

findet sich aber immer eine ziemlich weitgehende Variabilität der Wasserstoffkonzentration, und da nur wenige Moose wirklich viele pH-Werte umfassen, läßt sich, was auch die Kulturen bestätigen, sagen, daß eine solche Spannung zwar ertragen wird, aber nicht als nötig anzusehen ist.

Chloride.

Diesen Bestandteilen des Wassers der Kulturmedien gegenüber verhalten sich die Formen meines Untersuchungsbereiches völlig indifferent. In Gewässern mit verschiedenstem Chlorgehalt konnte ich Moose der oben erwähnten Spezies auffinden. Serienkulturen darüber konnten nur orientierender Art sein. Alle Formen ertrugen bis zu 40 mg Cl pro Liter, viele noch darüber hinaus. Als einzige Ausnahmen hiervon sind *Cinclidium stygium* und *Calliergon stramineum* zu nennen, die schon bei 30 mg Cl zugrunde gingen. Das läßt sich aus den sauren Standorten beider Gattungen leicht erklären, die nur wenig Cl enthalten. Auf geringe Schwankungen im Cl-Gehalt trat auch hier keine Reaktion ein, wie Moose ja im allgemeinen auf nur geringe Veränderungen nicht zu reagieren pflegen.

7. Einfluß physikalischer Faktoren.

Wärme.

Da mein wichtigster Kulturplatz (im Dach-Atelier der preußischen Landesanstalt) einer ziemlich direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt war, wurde den dort kultivierten Moospflanzen oft eine erhebliche Wärmemenge geboten. Im Sommer 1931 habe ich im Wasser der Kulturen verschiedentlich Temperaturen zwischen 40 und 55° C messen können. Auch an kühleren Sommertagen wurde die Wärme nur verhältnismäßig langsam wieder abgegeben, so daß eine lange Zeit hindurch eine überdurchschnittliche Temperatur herrschte. Dabei war das Wachstum noch gut, aber die täglichen Verlängerungen, die ich lange regelmäßig gemessen habe, waren doch durchschnittlich um 10—20 % geringer als die bei 15—20° C. Aber das Wachstum schritt stetig fort, ohne eine Unterbrechung zu erleiden. Ebensowenig ließ sich wirklich nachteilige Kältewirkung bemerken. Unter 10° wurde das Wachstum ebenfalls etwas langsamer, aber blieb auch da stetig. Auch durch Ausfrieren entstand keine Schädigung. Nach dem Auftauen wuchsen die Wassersprosse unverändert fort.

Es läßt sich also allgemein sagen, daß das Wachstum in sehr weiten Temperaturgrenzen stetig und mit nur unwesentlich verschiedener Schnelligkeit vor sich geht. Winter- und Sommersprosse unterscheiden sich weder äußerlich noch in ihrer Reaktion auf Veränderung der Umweltsbedingungen voneinander, seien diese nun chemischer oder physikalischer Natur.

Licht.

Bei Angabe der Kulturmethoden erwähnte ich bereits die dringende Notwendigkeit direkten und ziemlich starken Lichtes für das Mooswachstum. Es befördert die Assimilation in sehr starkem Maße, und welchen Wert der daraus entstehende Sauerstoffüberschuß hat, erwähnte ich oben bereits.

Ferner verhindert das Licht die so überaus schädliche Schwefelwasserstoffentwicklung, die im Dunkeln in viel stärkerem Maße vor sich zu gehen pflegt.

Stärkste Beleuchtung war für die Wasserkulturen dringend wichtig, wie auch der Vergleich mit Kulturen an einem normalen Zimmerfenster zeigte, in denen alle sonst notwendigen Bedingungen verwirklicht waren. Wachstum und Blattbildung blieb dort in den ersten 6—8 Tagen um 10—20 %, bald um viel mehr, nach 5 Wochen um 50—70 % hinter gut beleuchteten zurück.

An solchen unterbelichteten Plätzen ließen sich niemals gute Rückkulturen erzielen.

8. Zusammenfassung.

1. Durch eine große Anzahl von Serienkulturen wurden die optimalen Kulturbedingungen festgestellt, und zwar hinsichtlich der chemischen Kulturzusammensetzung, einer Förderung durch Pufferflüssigkeiten und der Beleuchtung.

2. Mit zuerst mechanischen, später ausschließlich chemischen ($BaCl_2$, Beizmethode!) wurde eine, besonders im Frühjahr störende, Algenentwicklung bekämpft.

3. Um den Unterschied zwischen normalen und durch ungünstige Kulturbedingungen geschädigten Wasserformen festzustellen, wurden die sogenannten „Rückkulturen" (Wasserformen auf Erde) angestellt, die von allen lebensfrischen Pflanzen gut bestimmbare Trockenformen lieferten.

4. Im Freien wurden Moose der betr. Standorte in Wasserlöchern gemeinsam kultiviert (Gesamtkulturen), und so ihre Konkurrenzfähigkeit gegeneinander festgestellt. Das Wasser dieser natürlichen Kulturbecken wurde analysiert. — Erst nach einiger Zeit trat Schwefelwasserstoffentwicklung ein, die gemessen wurde. Die Pflanzen in solchem Wasser gingen schließlich zugrunde.

5. Nach der Reihenfolge ihres Absterbens in der Gesamtkultur (alle Spezies des betr. Standortes in einem Kulturbecken) wurden Kulturen angestellt, ebenfalls im Freien, in denen nur wenige Formen zusammengebracht wurden (je 2—3), um ihre gegenseitige Konkurrenzfähigkeit zu prüfen.

6. Gesamt- und Auswahlkulturen lassen 3 physiologische Gruppen unterscheiden, unspezialisierte, mäßig- und hochspezialisierte Formen, von denen die 2. Gruppe bei weitem die meisten Gattungen umfaßt. Unspezialisierte dominieren überall, weil sie sich jedem Medium anzupassen vermögen, die hochspezialisierten dagegen sind an ein ganz bestimmtes Medium gebunden. Nur wenig gehen sie über dessen Grenzen hinaus. Diese Tatsachen lassen sich nur in der Konkurrenz mit anderen Formen feststellen.

7. Die einzelnen Spezies werden unter Wasser in Serienkulturen mit verschiedenem p_H-Gehalt gebracht, die Resultate tabellarisch festgelegt.

8. Der veränderte p_H-Gehalt ruft bei allen kultivierten Moosarten Konvergenzerscheinungen in bezug auf den mikroskopischen und makroskopischen Blattbau hervor, in gleicher Richtung, so daß schon daraus die Reaktion des Mediums erkennbar wird.

9. Durch Lösung von Kalziumkarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser werden verschieden konzentrierte Lösungen hergestellt, in die die Kulturobjekte zur Feststellung der Kardinalpunkte für das Wachstum in kalkhaltiger Lösung gebracht werden.

10. Das Kalkoptimum in der Kultur hängt vom ursprünglichen Standort ab, Maximum und Minimum können daraus nicht erschlossen werden.

11. Gelöste, mineralische Eisenverbindungen werden meist nur in sehr geringem Maße von den untersuchten Moosen ertragen.

12. Sauerstoffüberschuß ist erwünscht, der Normalwert mindestens nötig, ein größeres Defizit schädlich.

13. Schwefelwasserstoff schädigt besonders die Blattentwicklung. Die kahl werdenden Sproßteile aus H_2S-haltigem Wasser sind nicht mehr fähig, sekundäres Protonema zu bilden.

14. Gegen gelöste Kohlensäure und mäßigen Chloridgehalt (möglichst unter 200 mg pro Liter) besteht Indifferenz.

15. Temperaturschwankungen werden in weiten Grenzen von den hier untersuchten Moosen ertragen. Das Wachstumsoptimum der meisten Moose scheint bei 15—20° C zu liegen. (Verbunden mit reichster O_2-Produktion.) Bei Schwankungen wird das Wachstum nicht unterbrochen, geht nur etwas verschieden schnell vor sich.

16. Möglichst direktes Sonnenlicht ist bei den Wasserkulturen in den untersuchten Fällen zur Assimilationsförderung, und bei dichtem Wuchs zur Hemmung etwa auftretender Schwefelwasserstoffentwicklung, dringend nötig.

9. Literaturverzeichnis

Arnberg, B., Limnologische Untersuchungen des Vierwaldstätter Sees. Luzern 1905.

Atkins, W. R. G., The hydrogenion concentration of plant cells. London 1922. The H-ion concentration of sea-water and its biological relations. London 1922. The H-ion concentration of the cells of some marine algae. London 1922.

Aufseß, O. v., Die physikalischen Eigenschaften der Seen. Braunschweig 1905.

Bade, E., Die Praxis der Aquarienkunde. Magdeburg 1905.

Baumann, Die Vegetation des Untersees. Arch. f. Hydrobiol., Suppl. 1, 1911.

Baur, W., Alphabethisches Verzeichnis nebst Standorten der von Jack, Leiner und Stitzenberger herausgegebenen 10 Centurien Kryptogamen Badens. Freiberg 1891.

Beger, Herbert, Beiträge zur Ökologie und Soziologie luftlebiger Kieselalgen. Berlin 1927.

— und E., Biologie der Trink- und Brauchwasseranlagen. Jena 1928.

Bethe, A., Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Permeabilität toter Membranen. Leipzig 1903.

Bourcart, F. E. Les lacs alpines suisses, Etude chimique et physique. Diss. Genève 1906.

Brehm, V., Exkursionsergebnisse. Arch. f. Hydrobiol., Bd. 11, 1917 und Bd. 12, 1920.

Breslau, E., Die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Hydrobiologie. Verhandl. d. intern. Vereinig. f. Limnologie. Stuttgart 1926.

— Ein einfacher, für hydrobiologische, zoologische und botanische Zwecke geeigneter Apparat zur Messung der Wasserstoffionenkonzentration. Ebenda 1925.

Brotherus, V. F., Bryales in „Engler-Prantl" (Die nat. Pflanzenfamilien.) Bd. 10 und 11, 2. Aufl. 1909.

Bülow, Kurd v., Moorkunde. Sammlung Göschen 1925.

— Beitrag zur Geologie der pommerschen Hochmoore. 1927.

— Die deutschen Moore. 1928.

Bülow, Kurd v., Handbuch der Moorkunde. 1929.
Campbell, The structure and development of mosses and ferns. London 1905.
Chodat, F., La concentration en ions hydrogènes du sol et son importance pour la constitution des formations végétales. Genf 1924.
Clark, W. M., The determination of hydrogenions. Baltimore 1928.
— and Lubs, H. A., Colorimetric determination of hydrogenion concentration. Ebenda 1917.
Correns, C., Untersuchungen über die Vermehrung der Laubmoose durch Brutorgane und Stecklinge. Jena 1899.
Dammann, Hildegard, Helgoländer Meeresalgen. Berlin 1930.
Débat, Evolution des feuilles chez les Fissidentacées. Ann. d. l. société bot. d. Lyon, 1877.
Dost, K., Die Löslichkeit des Luftsauerstoffes in Wasser. Mitt. aus d. Kgl. Prüfungsanst. f. Abwässervers. 1906, H. 7.
Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig 1924.
Fleischer, M., Die Musci der Flora von Buitenzorg. Leyden 1915—22.
Früh und Schröter, Die Moore der Schweiz. Zürich 1904.
Forel, F. A., Handbuch der Seenkunde. Stuttgart 1901.
— Monographie limnologique. 3. Bd. Lausanne 1901.
Fuchsig, H., Die im Wasser wachsenden Moose des Lunzer Seengebietes. Leipzig 1924.
Gams, H., Zur Geschichte einiger Wassermoose. Verh. d. intern. Ver. f. Limnologie. 1920.
— Wasserpflanzen als Indikatoren. Ebenda, 1925.
— Sedimentation und Vermoorung der Lunzer Seen und des Lünersees. Atti del Congresso internazionale di Limnologia. Rom 1929.
Geitler, L., Die Mikrobiozönose der Fontinalisbestände des Lunzer Untersees. Internationale Revue, Bd. 10, 1922.
Glück, H., Biologische und morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse. Jena 1905—11.
— Morphologische Untersuchungen über Sumpfgewächse. Jena 1914.
— Über die Lebensweise der Uferflora. Im „Bericht über die 6. Zusammenkunft der freien Vereinigung systematischer Botaniker und Pflanzengeographen, 5.—8. August 1908". Leipzig 1909.
Glaser, F., Indikatoren der Azidimetrie und Alkalimetrie. Wiesbaden 1907.
Goebel, K., Organographie der Pflanzen, Bd. 2, 1: Bryophyta. Jena 1915—18.
— Einleitung in die experimentelle Morphologie. Leipzig-Berlin 1908.
Grebe, K., Studien zur Biologie und Geographie der Laubmoose. Hedwigia 1917.
Grosse-Bohle, Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Rheinwassers. Berlin 1906.
Haberlandt, Anatomie und Physiologie der Laubmoose. Pringsheims Jahrbücher 1886.
Halbfaß, W., Beiträge zur Kenntnis der pommerschen Seen. Gotha 1901.
Hampe, P., Rückblick auf die Flora des Harzgebietes. Verhandlungen des botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. Berlin 1875.
Harnisch, O., Die Bedeutung von pH für die Eigenart der Moorfauna. Verh. d. deutschen zool. Ges. 1924.
Herzog, Th., Geographie der Moose. Jena 1926.
— Die Laubmoose Badens. Extrait du Bulletin de l'Herbier Boissier, années 1904—1906. Genf 1909.
Hildebrandt, F., Über die Brutkörper von Bryum annotinum. Flora 1904.
Höll, K., Ökologie der Peridineen. Jena 1928. „Pflanzenforschung".
Hornschuh, G., Über die Eigentümlichkeiten der Flora der Torfmoore in der Umgebung von Greifswald. Flora, Bd. 20.
Hoppe-Seiler, Über die Verteilung absorbierter Gase im Wasser und ihre Beziehungen zu den lebenden Tieren und Pflanzen. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees, 24. Bd. Lindau 1895.
Hübener, I. P. W., Muscologia germanica. Leipzig 1883.
— Hepaticologia germanica. Leipzig 1884.

Janzen, P., Die Jugendformen der Laubmoose und ihre Kultur. Ber. d. westpreußischen botanisch-zoologischen Vereins, 1912.
Jentsch, Beiträge zur Chemie des Wassers norddeutscher Binnenseen. Abh. d. geol. Landesanst. 1912.
Jongmans, W., Über Brutkörper bildende Laubmoose. Inaugural-Dissertation, 1913.
Klut, Hartwig, Untersuchungen des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1931.
Knauthe, K., Der Kreislauf der Gase in unseren Gewässern. Neudamm 1898.
— Beobachtungen über den Gasgehalt der Gewässer im Winter. Neudamm 1899.
— Das Süßwasser. Neudamm 1906.
Kolkwitz, R., Über Wasserblüten. 1914.
— und Ehrlich, F., Chemisch-biologische Untersuchungen der Elbe und der Saale. 1904.
— und Marsson, Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. 1902.
— — Ökologie der pflanzlichen Saprobien. 1908.
— Pflanzenphysiologie. Jena 1922.
— Die Beziehungen des Kleinplanktons zum Chemismus der Gewässer. 1911.
— Über die Bedeutung der Biologie zur Beurteilung des Wassers. 1902.
— Über die Ursachen der Planktonentwicklung im Lietzensee. 1909.
— Urwald und Epiphyten. Berlin 1932.
— Tropische Algenbestände und ihre Entwicklungsbedingungen. Berlin 1932.
Kostka, Praktische Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen. „Handbücher." Stuttgart 1924.
Lampert, Das Leben der Binnengewässer. Leipzig 1910.
Lehmann, G., Die Bedeutung der Alkalinität im Stoffhaushalt der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung ihres fischereibiologischen Wertes. Leipzig 1924.
— Die Wasserstoffionenmessung. Leipzig 1928.
Leitgeb, Hubert, Zur Kenntnis des Wachstums von Fissidens. Sitzungsber. d. kgl. Akad. d. Wiss. 1874. Febr.-Heft, Bd. 59.
Lepeschkin, W., Lehrbuch der Pflanzenphysiologie auf physikalisch-chemischer Grundlage. Berlin 1915.
Limpricht, K. G., Die Laubmoose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenhorsts Kryptogamenflora, Bd. 4, Abt. 1—3, 1890—1904.
Loeske, L., Moosflora des Harzes. Leipzig 1903.
— Studien zur vergleichenden Morphologie und phylogenetischen Systematik der Laubmoose. Berlin 1910.
— Neue Beiträge zur Moosflora des Harzes. Bot. Centralbl., 1902, Beiheft 6.
— Die Moosvereine im Gebiet der Flora von Berlin. Abh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1900.
— Die Laubmoose Europas. Berlin 1913.
— Über Wasserformen einiger Laubmoose. Paris 1932.
— Beiträge zur Moossystematik. Jena 1931.
Lorentz, P. G., Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose. Flora 1867. Pringsheims Jahrb. 1867.
Magnin, Les lacs du Jura. 1894.
— Végétation des lacs du Jura Suisse. Lyon-Paris 1895.
Meinck, F., und Horn, M., Ein einfaches Kolorimeter zur Bestimmung des Eisens und anderer Wasserbestandteile. Berlin 1926. Zeitschr. f. anat. Chem.
Mewius, W., Wasserstoffionenkonzentration und Permeabilität bei kalkfeindlichen Gewächsen. Berlin 1933.
Michaelis, L., Die Wasserstoffionenkonzentration. Berlin 1922.
Migula, Die Laubmoose. Gera 1904.
Mislowitzer, E., Die Wasserstoffionenmessung mit Chinhydron. Pharm. Ber. 1925.
Mönkemeyer, Wilhelm, „Bryales" in Pascher „Die Süßwasserflora". Jena 1914.
— Die Laubmoose Europas. Leipzig 1927.

Molisch, Hans, Über die Fällung des Eisens durch Licht und grüne Wasserpflanzen. Jena 1892.
— Die Pflanze in ihrer Beziehung zum Eisen. Jena 1892.
Müller, K., Die Laubmoose Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenhorsts Kryptogamenflora, Bd. 6.
Müller, Hermann, Die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmoose. Jena 1874.
Naumann, Einar, Limnologische Terminologie. Leipzig 1931.
— Einige Grundlinien der regionalen Limnologie. Leipzig 1921.
— Einige Grundzüge der regionalen Limnologie Süd- und Mittelschwedens. Arch. f. Hydrobiol. 1923.
— Der pH-Standard des Süßwassers. Arkiv f. Bot. 1926.
— Einführung in die Bodenkunde der Seen. Intern. Rev. d. ges. Limn. 1930.
— Die Bodenablagerungen der Seen. Cbl. Bakt. 1929.
— Einführung in die Bodenkunde der Seen. Ebenda 1929.
Naegelein, E., Über die Wirkung des Schwefelwasserstoffs auf die chemischen Vorgänge in den Zellen. Zeitschr. f. anat. Chem. 1925.
Nitardy, E., Zur Biologie des Grunewaldsees bei Berlin. Berlin 1914.
Paul, H., Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna und ihre Ursache, nebst einem Anhang über die Aufnahmefähigkeit der Torfmoose für Wasser. Mitt. Bayr. Moorkulturanst. 1908.
Potonié, H., Die Nahrung der Hochmoorpflanzen. Nat. Wochenschr., 6, 1907.
Pütter, A., Der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena 1909.
Raben, E., Über die quantitative Bestimmung von Stickstoffverbindungen im Meerwasser. Kiel und Leipzig 1905.
— Quantitative Bestimmung der im Wasser gelösten Phosphorsäure. Leipzig 1916—1920.
Ribbert, A., Beiträge zur Frage nach der Wirkung der Ammoniumsalze in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Planta 1931.
Röhm, O., Maßanalyse. Leipzig, Göschen-Samml., 1192.
Roth, G., Die europäischen Laubmoose. Leipzig 1904—1905.
Ruhland, W., In: „Die natürlichen Pflanzenfamilien", hrsg. v. Engler, 10. Bd., 1924. Gesamtübersicht der erschienenen Arbeiten.
Ruoff, S., Zusammenstellung der russischen Moosliteratur für die Jahre 1914—1924. 1926.
Schäperklaus, W., Die örtlichen Schwankungen der Alkalinität und des pHs, ihre Ursachen, ihre Beziehungen zueinander und ihre Bedeutung. Berlin 1926.
Schenk, H., Biologie der Wassergewächse. Bonn 1886.
Schiffner, W., Über tierfangende Lebermoose. Arch. d. naturw. Landesdurchforschung Böhmens. 1906.
Schimper, W. Ph., Synopsis muscorum europaeorum. Stuttgart 1876.
Schmidt, H., Beitrag zur Ökologie und Biologie der Moorgewässer. Zool. Jahresber. 1928.
Schreiber, H., Moorkunde. Berlin 1927.
Schömmer, Franz, Zucht- und Kulturbedingungen einiger Moose. Stuttgart 1929/30.
Schröder und Stoller, Das Plagefenn bei Chorin. Ber. v. Volksbund f. Naturschutz. 1922.
Schröter und Kirchner, Vegetation des Bodensees. Bodenseeforschung, 9. Abschnitt, Lindau i. B. 1896—1902.
Schuster, U., Postglaziale Quellkalke Schleswig-Holsteins und ihre Fauna in Beziehung zur Veränderung des Klimas und der Gewässer. 1925.
Sernow, S. A., Über die Überwinterung der Wasserorganismen im Eise und in der gefrorenen Erde. Atti del Congresso internazionale di Limnologia. Rom 1929.
Servettaz, C., Recherches expérimentales sur le développement et la nutrition des mousses en milieux stérilisés. Ann. d. sc. nat. Bot. 1913.
Sitensky, F., Über die Torfmoose Böhmens. Arch. d. naturw. Landesdurchforschung Böhmens, 6, 1923.
Stahl, Ernst, Über die künstlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoose. Bot. Ztg. 1876.
Stehli und Kolumba, Die botanische Mikrotechnik. Stuttgart 1929.

Steiner, G., Die mikroskopische Tierwelt der Moospolster. Stuttgart 1913/14.
Stepen, W., Neue Apparate zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration und deren Verwendung in der Praxis. Atti del Congresso internazionale di Limnologia. Rom 1929.
Stroede, Waldemar, Ökologie der Characeen. Berlin 1931.
Thienemann, A., Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maren der Eifel. Stuttgart 1914.
— Biologische Seentypen. Stuttgart 1920.
— Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen See. „Die Binnengewässer", Bd. 4.
Tillmans, I., Über den Gehalt des Mainwassers an freiem und gelöstem Sauerstoff. Halle 1909.
— Die chemische Untersuchung von Wasser und Abwasser. Halle 1919.
Treadwell, Lehrbuch der quantitativ-analytischen Chemie. Jena 1927.
Ulehla, W., Über Kohlensäure- und pH-Regulation des Wassers durch einige Süßwasseralgen. 1923.
Uspenski, E., Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. „Pflanzenforschung", 9. Jena 1927.
Warnstorf, C., Moosflora der Mark Brandenburg. Leipzig 1903—1906.
— Ausflüge in den Unterharz. Hedwigia, 1885.
— Beiträge zur Moosflora des Unterharzes. Hedwigia, 1883.
— Leber- und Torfmoose. In der Kryptogamenflora der Mark Brandenburg 1, 1903.
Winkler, L. W., Beiträge zu Wasseranalysen. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903—21; Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genußmittel. 1914—15.
Wolff, W., Zur Frage der Entstehung und der klimatischen Bedeutung des älteren Hochmoortorfs in den nordwestdeutschen Hochmooren. Altona 1930.
Wünsche, Otto, Die Kryptogamen Deutschlands. Leipzig 1875.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena — 6414

Lebenslauf.

Ich, Elsa Zastrow, wurde am 5. September 1910 in Berlin geboren. Ich bin arischer Abstammung.

Von Ostern 1917 bis 1924 besuchte ich das Uhland-Lyzeum in Berlin-Schöneberg, von 1924—1929 die Studienanstalt der Staatlichen Augustaschule, wo ich Ostern 1929 die Reifeprüfung ablegte.

Vom Sommersemester 1929 an studierte ich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin Biologie, Chemie, Physik und Mathematik. Meine Lehrer waren die Herren Professoren: Brieger, Czaja, Feigl, Herxheimer, Hesse, Kniep, Kolkwitz, Mallwitz, Marcus, Nernst, Schlenk, Schur, Schwaemmle, Solger, Wehnelt, Zimmer, denen ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank sage,

Am 15. Dezember 1932 legte ich an der Universtät Berlin meine Promotionsprüfung ab.